

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل  
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

Option : Environnement Marin et côtier

**Caractérisation des déchets plastiques sur des sites pilotes le  
long de la côte de la wilaya d'Alger**

**Sujet**

Présenté par :

**M<sup>lle</sup>. KHALED Yasmine**

Soutenu le : 30/10/2021 devant le jury composé de :

M <sup>r</sup> . LOURGAOUI H.	ENSSMAL	Président
M <sup>r</sup> . GRIMES S.	ENSSMAL	Promoteur
M <sup>me</sup> . ADEM A.A.	ENSSMAL	Examineur
M <sup>me</sup> . BOUDJELLAL-KAIDI N.	ENSSMAL	Examineur
M <sup>r</sup> . OUAMANE K.	AND	Invité

Année universitaire : 2021 – 2022

## Remerciements

*Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force pour faire aboutir ce travail. Je tiens également à remercier mon encadreur Monsieur Samir GRIMES, pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail. Je voudrais également lui témoigner ma gratitude pour sa patience et son soutien qui m'ont été précieux afin de mener ce travail à « bon port » et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Je tiens, aussi, à remercier Monsieur LOURGUIOUI Hichem pour avoir bien voulu me faire l'honneur de présider de jury de soutenance ainsi que Madame Nawel BOUDJELLAL-KAIDI ainsi que Madame Amina Amel ADEM, pour avoir accepté de faire partie du jury de soutenance et de me faire l'honneur d'examiner et de critiquer ce travail.*

*Mes vifs remerciements vont également à l'ingénieur chargé du Laboratoire d'aménagement de l'ENSSMAL Monsieur Ali MISRAOUI pour la disponibilité et l'intérêt qu'il a montré à l'égard de mon travail et à l'équipe de l'Agence Nationale des Déchets qui m'ont accompagné durant mes sorties sur le terrain pour réaliser les échantillonnages.*

*Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicace*

### *À ma mère*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'affection et l'amour que j'éprouve envers toi. Que dieu te garde et t'accorde santé et bonheur pour que tu restes la splendeur de ma vie.*

### *À mon père*

*Puisse ce travail constituer une légère compensation pour tous les nobles sacrifices que tu t'es imposé pour assurer mon bien être et mon éducation. Puisse dieu te prêter longue vie, santé et bonheur.*

*À mon cher frère Hafid et à ma belle-sœur Cherifa qui comptent énormément pour moi.*

*À mes adorables cousins que j'aime trop, Imane, Yousra, Widad, Djemmy, Hamza, Housssem, Amine, Wassim, Anis et Hicham, je décide ce modeste travail.*

*À mes chères amis : Zahir, Belkacem, Maric, Brahim, Ammar, Aymen, Karim, Réda, Waji, M Osaab Fouad, Sihem, Nedjema, Hafidha, Ania, Amira et Abir. Merci pour les moments inoubliables qu'on a pu vivre durant notre parcours, c'est grâce à votre présence à mes côtés que la réalisation de ce travail est arrivée à sa fin.*

*À toutes les personnes qui m'ont soutenu et encouragé de près ou de loin tout au long de cette année, Merci.*

## **Abréviations**

**AND** : Agence nationale des déchets

**CMA CGM** : Compagnie maritime d'affrètement - Compagnie générale maritime

**CNL** : Commissariat nationale du littoral

**DCSMM** : La Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin

**ENSSMAL** : Ecole nationale supérieure des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral

**MP** : Microplastiques.

**OSPAR** : Convention d'Oslo et de Paris (1992) pour la protection de l'Atlantique nord-est.

**PE** : Polyéthylène.

**PP** : Polypropylène.

**PS** : Polystyrène.

## Table des matières

Remerciements .....	I
<i>Dédicace</i> .....	II
Abréviations .....	III
Liste des figures .....	VI
Liste des tableaux .....	VIII
Introduction.....	1
Chapitre I : Généralités.....	3
Définitions.....	3
1.1 Déchets .....	3
1.2 Plastique.....	3
1.3 Détérioration du plastique.....	4
1.4 Débris plastiques .....	4
1.5 Micro-plastique .....	4
1.6 La laisse de mer.....	6
Origines des micro-plastiques.....	7
1.7 Origine primaire .....	7
1.8 Origine secondaire.....	7
La production et l'utilisation du plastique dans le monde .....	9
Les débris plastiques dans l'environnement marin .....	10
Évaluation du plastique dans la mer Méditerranée : .....	10
Sources de lapollution marine par les plastiques .....	11
1.9 Déchets abandonnés par négligence ou volontairement sur le littoral par les usagers 12	
1.10 Décharge.....	12
1.11 Les ports .....	12
1.12 Trafic maritime .....	12
1.13 Activités anthropiques menées à terre, y compris sur le littoral.....	13
1.14 La pêche .....	13
Accumulation des microplastiques dans les systèmes marins .....	14
1.15 Distribution spatiale .....	14
1.16 Accumulation à long terme .....	16
Dégradation des plastiques en milieu marin .....	17

1.17	Biodégradation.....	17
1.18	Photodégradation (photolyse).....	17
1.19	Agglomération de biomasse .....	17
1.20	La dégradation par hydrolyse .....	17
	Le transport des microplastiques .....	18
1.21	Les cours d'eau.....	18
1.22	Les courants.....	18
1.23	Les vents.....	18
1.24	Les sédiments .....	19
	Impact de la pollution plastique .....	19
	Chapitre II : Matériel et méthodes.....	20
	Présentation de la zone d'étude.....	20
	Macro-plastique.....	21
1.25	Choix de site .....	21
1.26	Protocole d'échantillonnage par la méthode OSPAR.....	22
	Microplastiques .....	22
1.27	Choix des sites .....	22
1.28	Protocole d'échantillonnage .....	23
1.28.1	Échantillonnage du sable .....	23
1.28.2	Tri du sable au laboratoire .....	25
	Analyses statistique .....	27
	Chapitre 3 : Résultats et discussions .....	27
	Macro-plastiques .....	27
	Microplastiques .....	28
1.29	La moyenne des débris plastiques au niveau des plages.....	28
1.30	Distribution des débris plastiques par catégories en fonction des deux transects (parallèle et perpendiculaire).....	29
1.31	Distribution des poids par catégories au niveau des trois plages .....	33
1.31.1	Filaments.....	33
1.31.2	Billes.....	34
1.31.3	Plastiques fins .....	35
1.31.4	Plastiques mous.....	36
	Conclusion .....	38
	ANNEXES .....	45

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> proposition de nomenclature des débris plastiques selon la taille (Marine litter, 2013).....	4
<b>Figure 2:</b> sort et effets environnementaux des particules de plastique après leur déversement dans le milieu aquatique (Leslie, 2014).....	6
<b>Figure 3:</b> Microplastiques primaire, billes (Présente étude).....	7
<b>Figure 4 :</b> Fragment des microplastiques secondaires (Présente étude).....	8
<b>Figure 5 :</b> L'évolution de la production de plastique dans le monde entre 1950-2017 (Plastic Europe). ....	9
<b>Figure 6:</b> évaluation de la concentration des débris plastiques dans les eaux de surface, zoom sur la mer Méditerranée, lors de la campagne la circumnavigation Malaspina 2010 (Cozar et al., 2014). ....	11
<b>Figure 7:</b> Le trafic maritime dans le monde (Site Marine Trafic).....	13
<b>Figure 8:</b> Estimation de la densité de plastiques flottant (particules.km-2) selon quatre classes de tailles (0,33 - 1,00 mm, 1,01 - 4,75 mm - 4,76 - 200 mm et > 200 mm) (Eriksen et al., 2014).....	15
<b>Figure 9:</b> Concentration des MP en surface de la mer Méditerranée (site LITTERBASE). A) Nombre de MP par mètre cube (items m-3). B) Nombre de MP par kilomètre carré (items km-2). C) Masse de MP par mètre cube (mg m-3).....	16
<b>Figure 10:</b> Carte du littoral Algérois (Présente études). ....	20
<b>Figure 11:</b> Carte de localisation de la plage Kheloufi II (Présente étude).....	21
<b>Figure 12:</b> Carte des trois sites de prélèvements (Présente étude).....	23
<b>Figure 13:</b> Transect parallèle au trait de côte (Présente étude).....	24
<b>Figure 14:</b> Tamisage (Présente étude).....	24
<b>Figure 15:</b> Etiquetage (Présente étude).....	25
<b>Figure 16:</b> Le dépôt des échantillons (présente étude). ....	25
<b>Figure 17 :</b> Comptage des échantillons (Présente étude).....	26

<b>Figure 18 :</b> Pourcentages des déchets collectés par catégorie dans la plage Kheloufi II (Présente étude). .....	27
<b>Figure 19 :</b> Répartition des déchets collectés par catégorie dans la plage Kheloufi II (Présente étude). .....	28
<b>Figure 20 :</b> La moyenne des plastiques par transect au niveau des trois plages (El Djamila, Rais-Hamidou et Tamentfoust). .....	29
<b>Figure 21 :</b> Distribution des poids de chaque catégorie de microplastiques en fonction des transect plage El Djamila. ....	30
<b>Figure 22:</b> Distribution des poids de chaque catégorie de microplastiques en fonction des transect plage Rais Hamidou.....	30
<b>Figure 23:</b> Distribution des poids de chaque catégorie de microplastiques en fonction des transect plage Tamentfoust. ....	31
<b>Figure 24:</b> comparaison de la distribution des poids des débris plastique en fonction des transect dans les trois plages (El Djamila, Rais Hamidou et Tamentfoust).....	32
<b>Figure 25:</b> Distribution des poids des filaments au niveau des trois plages (El Djamila, Rais Hamidou et Tamentfoust). .....	33
<b>Figure 26:</b> Distribution des poids des billes au niveau des trois plages (El Djamila, Rais Hamidou et Tamentfoust). .....	34
<b>Figure 27:</b> Distribution des poids des plastiques durs au niveau des trois plages (El Djamila, Rais Hamidou et Tamentfoust). .....	35
<b>Figure 28 :</b> Distribution des poids des plastiques fins au niveau des trois plages (El Djamila, Rais Hamidou et Tamentfoust). .....	35
<b>Figure 29:</b> Distribution des poids des plastiques mous au niveau des trois plages (El Djamila, Rais Hamidou et Tamentfoust). .....	36

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Catégories des microplastiques, indicatrices et leur usage (Faure et Alencastro, 2014).....	5
<b>Tableau 2:</b> Les différents types de polymères, leurs densités et leur utilisations (Hidalgo et al., 2012). .....	8
<b>Tableau 3:</b> Caractéristiques de la plage Kheloufi II.....	22
<b>Tableau 4:</b> Caractéristiques des trois plages El Djamila, Rais-Hamidou et Tamentfoust.....	23
<b>Tableau 5:</b> Test ANOVA pour les débris plastiques en fonction des transects pour chaque site .....	32
<b>Tableau 6:</b> Comparaison de la distribution des poids des débris plastique en fonction des catégories dans les trois plages (El Djamila, Rais Hamidou et Tamentfoust). .....	36
<b>Tableau 7:</b> Test ANOVA pour chaque catégorie des plastiques en fonction des transects.....	37

# **Introduction**

## Introduction

La zone côtière assure la transition entre le continent et l'océan. La riche diversité des écosystèmes côtiers ainsi que les ressources et services (écologiques, sociaux et économiques) fournis par cette zone en font une composante importante de la biosphère. L'attractivité des zones côtières (notamment économique, commerciale et touristique) est à l'origine des 23 % de la population mondiale (soit 1,2 milliard de personnes) vivant à moins de 100 km du littoral, et la densité de ces populations devrait augmenter de 50 % d'ici 2030 (Adger *et al.*, 2005; Small and Nicholls, 2003). La modification des usages de la zone côtière suite à la littoralisation croissante a généré des risques côtiers. Ces derniers résultent de la combinaison entre les aléas (événement d'origine naturelle et/ou anthropique) d'un niveau donné (intensité) et les enjeux définis par les éléments qui y sont exposés (valeur sociétale, économique ou environnementale) (Hénaff and Philippe, 2014; Metzger and D'Ercole, 2011). L'intense pression anthropique exercée sur le littoral a entraîné l'apparition de nouveaux contaminants dans le milieu marin tels que les plastiques (Crainet *et al.*, 2009; Defeo *et al.*, 2009). Les plastiques représentent 60 à 90 % des déchets d'origine anthropique (Barnes *et al.*, 2009; Derraik, 2002; Expéditions MED, 2016).

De nombreuses études ont rapporté la contamination des eaux marines par les déchets plastiques. Les déchets marins sont un problème complexe et multidimensionnel avec des implications importantes pour l'environnement marin et côtier et les activités humaines dans le monde entier. Ils proviennent de nombreuses sources et engendrent un large éventail d'impacts négatifs sur l'environnement, l'économie, la sécurité, et la santé. Malgré les efforts déployés aux plans internationaux, régionaux et nationaux, tous indiquent que le problème des déchets marins continue d'empirer. Les plastiques ont changé notre façon de vivre. Inventés au XX<sup>ème</sup> siècle, ils sont légers, durables et peu chers. Leurs nombreux avantages ont conduit à l'utilisation des plastiques dans une myriade d'applications, allant de produits personnels et ménagers, aux produits d'emballage et les ont rendus irremplaçables et omniprésents dans notre vie quotidienne. En conséquence, la production mondiale de plastique a augmenté de façon exponentielle depuis les années 1950 (Andrady, 2011), et leur production à l'échelle mondiale est massive, jusqu'à 335 millions de tonnes en 2016 (Plastics Europe, 2017). Alors qu'une partie des déchets en plastique est correctement gérée (par combustion ou recyclage), il a été estimé que des millions de tonnes de déchets plastiques finissent dans l'environnement marin (268 940 tonnes en 2014) (Eriksen *et al.*, 2014). Les plastiques représentent de 50 à 80% des déchets marins,

leur présence est liée à la forte densité de population sur les côtes continentales (Barnes *et al.*, 2009).

Le problème de la pollution par les plastiques est devenu une préoccupation mondiale malgré que les premiers rapports de sa découverte datent des années 1970 (Buchanan, 1971 *in* Do Sul *et al.*, 2014). La découverte de la « soupe de plastiques » aussi appelée « continent de plastique » ou « 7ème continent » dans le Gyre nord Pacifique par le capitaine (Moore, 1997), alerte la société sur la situation des océans vis à vis des déchets plastiques. Les déchets se déplacent grâce aux courants et s'accumulent dans des zones de convergence appelées gyres océaniques. Celles-ci sont situées dans des zones très éloignées des activités humaines (Surfrider, 2019). Il existe 5 autres grandes gyres océaniques dans le monde : Pacifique Sud, Atlantique Nord, Atlantique Sud et Océan Indien (Koumba, 2018). La Méditerranée serait considérée comme la 6ème zone d'accumulation de débris dans le monde, avec les gyres océaniques (Suaria *et al.*, 2016). En effet, du fait de sa nature de mer semi-fermée et de la forte anthropisation de son littoral, elle subit fortement l'impact des activités humaines sur l'environnement, notamment par le rejet de déchets plastiques (Cózar *et al.*, 2015 ; Fossi *et al.*, 2018 ; Galgani *et al.*, 1995 ; Galgani *et al.*, 1996 ; Tubau *et al.*, 2015 ; Prevenios *et al.*, 2018).

Toutefois, le littoral algérien a été peu référencé et il paraît nécessaire de déterminer le niveau de pollution par les microplastiques partant du constat que la pêche et l'activité humaine y sont importantes, le plastique est omniprésent dans notre vie quotidienne et la demande ne cesse d'augmenter, suite aux changements importants (plastics Europe, 2013). La wilaya d'Alger fait partie du littoral algérien avec une frange marine de 107 km, elle n'est pas à l'abri des agressions anthropiques (activités touristiques, portuaires, agricoles...etc.) qui chaque année reçoit des quantités énormes de déchet de toutes sortes marquée par une dominance du plastique dégradant ainsi l'image panoramique de nos belles plages. C'est dans cette perspective que nous nous sommes proposé de faire une caractérisation et une contribution à l'évaluation de la pollution par les plastiques sur quelques sites pilotes de la côte algéroise, avec comme objectif principal : démontrer l'état actuel de la pollution par les plastiques dans la côte algéroise. Ce travail est structuré autour de trois grandes parties : (1) définitions, concepts et données globales sur les déchets plastiques en mer ; (2) description des sites d'étude et de la méthodologie adoptée ; et (3) présentation et discussion de nos résultats suivi d'une conclusion générale et de quelques recommandations. Ce travail n'a pu aboutir sans la collaboration et l'appuyé précieux de l'Agence Nationale des Déchets qui nous a accompagné sur le terrain et appuie avec des données de l'administration.

# **Chapitre 1.**

## **Généralité**

## **Chapitre I : Généralités**

### **Définitions**

#### **1.1 Déchets**

Les déchets en milieux aquatiques continentaux et marins sont définis comme tout matériau ou objet fabriqué et utilisé au profit de l'humanité qui est directement ou indirectement, volontairement ou involontairement jeté ou abandonné dans les milieux aquatiques (Agrane et al., 2018). Les déchets marins sont définis par le programme des Nations Unies pour l'Environnement (UNEP, 2009) comme des matériaux solides, manufacturés ou transformés, jetés ou abandonnés dans l'environnement marin. On appelle « déchets marins » les déchets présents dans l'environnement marin. 80 % des déchets marins proviennent des activités terrestres. Réparties dans les 5 zones de pleine mer et poussées par des gyres (tourbillons d'eau) (<https://www.mtaterre.fr>). L'explosion de la demande et donc de la production de plastique a entraîné une augmentation de cette production mondiale de 1,7 à 311 millions de tonnes en un demi-siècle (Europe : 20,4% de la production mondiale en 2013) (Plastics Europe, 2016) dont une partie échappe aux filières de traitement et recyclage des déchets et se retrouve relargués dans l'environnement et notamment dans les systèmes aquatiques. Jambeck et al. (2015) ont démontré que 99,5 millions de tonnes de déchets plastiques étaient générées chaque année en provenance des zones côtières. Ainsi, les estimations mondiales des flux de plastiques arrivant jusqu'aux océans fluctuent entre 0,7 et 12,7 millions de tonnes de plastiques par an (Schmidt et al., 2017).

#### **1.2 Plastique**

Le mot 'plastique' dérive du latin 'plasticus' qui est lui-même issu du grec ancien 'plastikos', qui est relatif au modelage (Charlton and Charles, 1879). Les plastiques sont définis comme "des polymères non-métalliques fabriqués par l'Homme, de poids moléculaire élevé, constitués de répétition de macromolécules (Bowmer et Kershaw, 2010). Le plastique est un polymère contenant un grand nombre d'atomes différents. Il provient généralement de la transformation du pétrole ou du gaz naturel. On distingue, en effet, deux formes : les thermoplastiques : qui fondent sous l'effet de la chaleur et se solidifient sous l'effet d'un refroidissement et les thermodurcissables : leur transformation est irréversible, une fois formé, ce plastique ne se déforme plus. Le plastique est composé de macromolécules, autrement dit

un grand nombre d'atomes liés entre eux par des liaisons covalentes. Il est aussi synthétique car le plastique est, contrairement aux polymères naturels, issu de manipulations laboratoires.

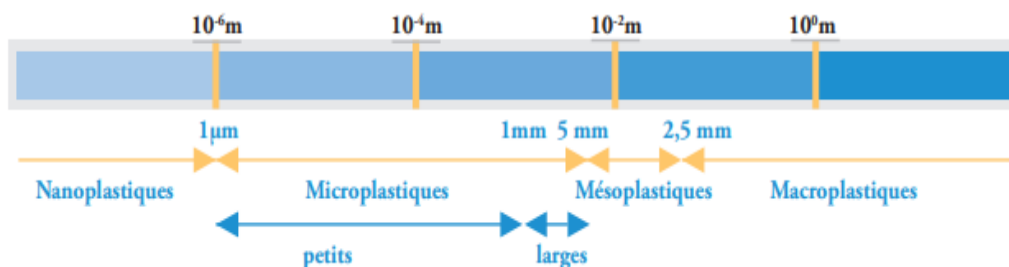
### 1.3 Détérioration du plastique

Désigne la fragilisation et ou la perte de l'intégrité physique d'un polymère quel que soit le mécanisme qui provoque ces changements (Andrady, 1990).

### 1.4 Débris plastiques

Le passage de l'état de déchets à micro-déchets s'effectue par le phénomène de fragmentation sous l'action combinée des UV (Ultra-violet) de la chaleur et de phénomènes d'abrasion mécanique. On obtient alors des déchets de petites dimensions de la taille caractéristique du plancton et plus communément appelé par les scientifiques plancton plastique, formant ainsi les débris plastiques (Ryan et al., 2009). Une classification des déchets par la taille a été proposée (Ryan et al., 2009; Thompson et al., 2009) :

- Micro-déchets : dimensions < 5mm
- Méso-déchets : 5 mm < dimensions < 20 mm
- Macro-déchets : 20 mm < dimensions < 100 mm
- Méga-déchets : dimensions > 100 m



**Figure 1:** proposition de nomenclature des débris plastiques selon la taille (Marine litter, 2013).

### 1.5 Micro-plastique

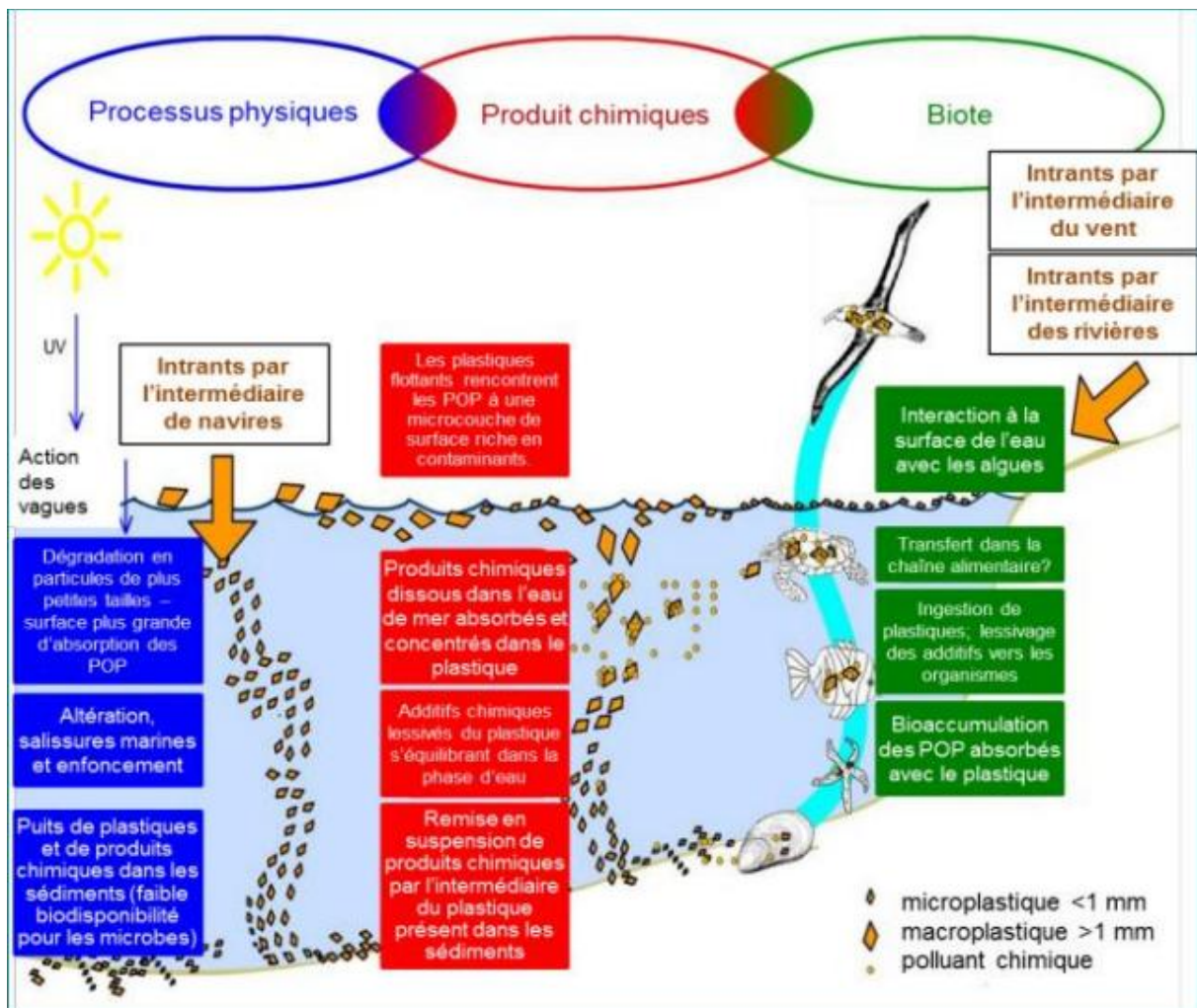
Les particules de plastique d'une taille inférieure à 5 mm sont communément appelées microplastiques (Julie et al., 2016), et pour certains auteurs ce terme s'applique aux particules de moins de 1 mm (Browne *et al.*, 2010; Claessens *et al.*, 2011; Vianello *et al.*, 2013). Bien qu'aucune limite de taille inférieure n'ait jamais été clairement définie pour les microplastiques, il est communément admis que les particules inférieures à  $0,1 \mu m$  correspondent à la classe des nanomatériaux (Frère, 2017). Les microplastiques sont généralement définis par leur taille, leur forme et leur couleur, cependant cinq catégories sont généralement utilisées pour décrire la forme des microplastiques : fragments, sphères, fibres,

GPI ou granulés plastiques industriels (ou pellets) et «foam » désignant les fragments de polystyrène expansé.

**Tableau1:** Catégories des microplastiques, indicatrices et leur usage (Faure et Alencastro, 2014).

Type	Usage / Origine possible	Exemple
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fragment</b></li> </ul>	Dégradation de grosses particules Plastique non spécifiques	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Microbille</b></li> </ul>	Cosmétique	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Film fin transparent</b></li> </ul>	Emballages	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Granulé/pellets</b></li> </ul>	Industrie Pré-production, matière première	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fibre</b></li> </ul>	Textiles	

Les microplastiques sont le résultat de fragmentation des macro-déchets par le biais de différents facteurs :



**Figure 2:** sort et effets environnementaux des particules de plastique après leur déversement dans le milieu aquatique (Leslie, 2014).

## 1.6 La laisse de mer

À l'origine, le terme désigne les divers objets flottants (organismes ou débris d'organismes) abandonnés par la mer au niveau de son point le plus haut atteint un jour donné (soit à la laisse de pleine mer). Ces échouages quotidiens constituent la laisse de dernière marée. Par extension, le mot en est venu à désigner, d'un point de vue juridique et cartographique la limite extrême atteinte par la mer en un jour déterminé (pour une mer à marées) ; la laisse de pleine mer pour le point le plus haut et la laisse de basse mer pour le point le plus bas (Henry, 2010).

## Origines des micro-plastiques

### 1.7 Origine primaire

Appelés aussi « pellets », fabriqués en très petite taille, ils sont utilisés principalement dans les produits cosmétiques et hygiéniques. Exemple : matière première pour la production des emballages Les microplastiques primaires sont fabriqués aux fins prévues, tels que les abrasifs (Auta et al., 2017) et les granulés (Veerasingam et al., 2016) dans les industries et principalement sous forme d'exfoliants ou de microbilles dans les produits domestiques (Napper et al., 2015).



**Figure 3:** Microplastiques primaire, billes (Présente étude)

### 1.8 Origine secondaire

Les microplastiques secondaires résultent de la fragmentation de gros déchets plastiques (par dégradation physique/chimique) en particules de moins de 5 mm (Ryan et al., 2009), ils sont généralement générés par les touristes et les pêcheurs, par l'industrie de démantèlement des navires et les abrasifs industriels, ainsi que par les plastiques lessivés provenant des sites des déchets.



**Figure 4 :** Fragment des microplastiques secondaires (Présente étude).

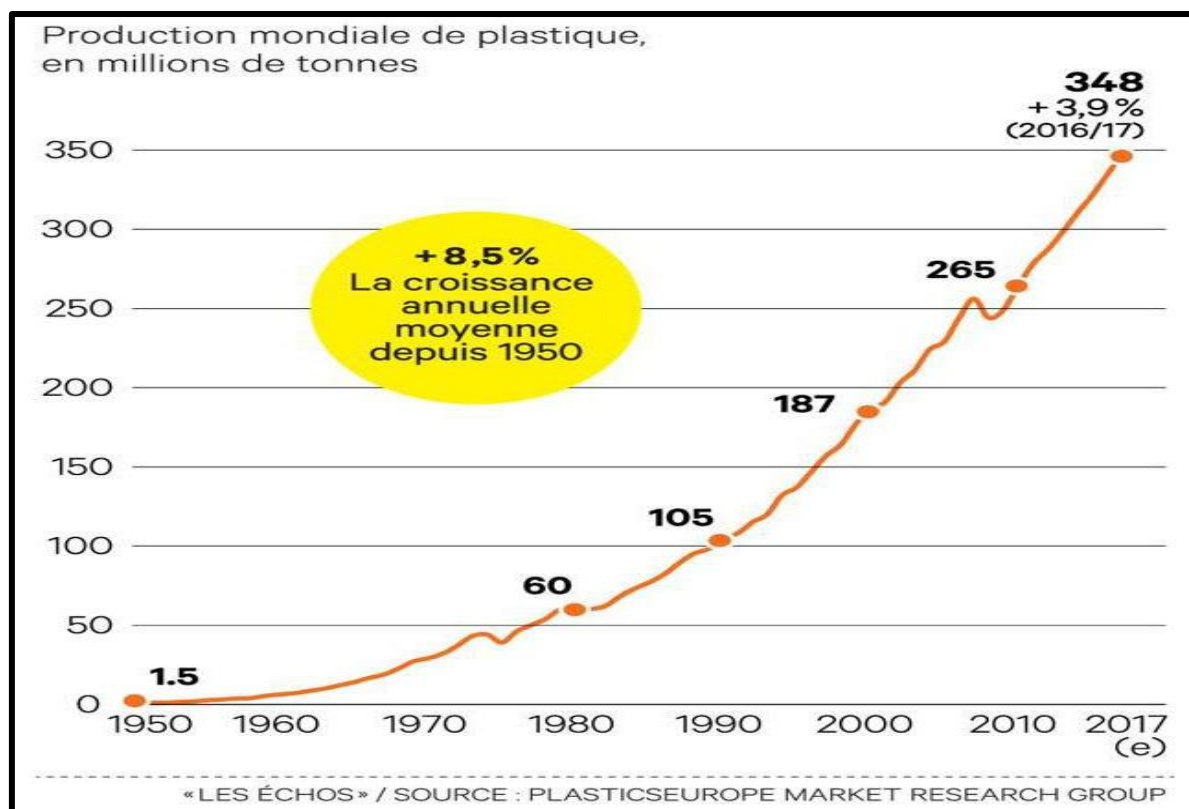
Les polymères les plus fréquents sont : Les PE, PP et PS constituent donc un peu plus de la moitié des polymères produits (Tableau 2), et sont ceux qui ont le plus de chance d'être trouvés à la surface de l'eau au vu de leur densité.

**Tableau2:** Les différents types de polymères, leurs densités et leurs utilisations (Hidalgo et al., 2012).

Type de polymère	Abréviations	Utilisations
Polyéthylène	PE	Basse densité : bouteilles, jouets, sacs, plastiques, revêtements, emballages, tubes pour le transport du gaz ou de l'eau Haute densité : jouets, articles de ménage et de cuisine, isolants électriques, sacs plastiques, emballages alimentaires.
Polypropylène	PP	Récipients alimentaires type Tupperware, industrie automobile.
Polychlorure de vinyle	PVC	Bâtiments, transport, emballages, électronique et domaine médical
Polytéréphtalates d'éthylène	PET	Bouteilles, barquettes pour plats cuisinés allant au four
Polystyrène	PS	Emballages alimentaires, emballages
Polycarbonate	PC	Bouteilles, récipients, appareils électriques, usages médicaux.
Polyméthylpentène	PMP	Matériel médical, seringues, abat-jour, radars, emballages alimentaires allant aux micro-ondes
polytétrafluoroéthylène	PTFE	Revêtements antiadhésifs, joints, usages électriques et médicaux, matériel de laboratoire, pièces de pompes.
Polysulfure de phénylène	PPS	Utilisations dans l'électronique, la cuisine, et l'automobile, matériel de laboratoire stérilisables.
Polyisoprène	NR	Gants, pneus, bottes, élastiques, gommes, tuyaux, usages médicaux.
Polybutadiène	BR	Pneus, balles de golf, intérieur des tuyaux
Acrylonitrile butadiène styrène	ABS	Instruments de musique, bordures de cordon, usages électriques et médicaux, casques, canoës, appareils de cuisine, jouets.
Styrène butadiène	SBR	Pneus, chaussures, bâtiments, enduction du papier
Polyhydroxyalcanoate	PHA	Appareils médicaux
Alkyde	AKD	peintures à l'huile
Acrylique	PAN	Contrôle de viscosité
Polyméthyl méthacrylate	PMMA	Sorbant pour la prestation d'ingrédients actifs
Polyvinyle d'alcool	PVA	Film, papier, containers
Polyoxyméthylène	ROM	Industries automobile et aéronautiques, des sports, du loisir, de l'électronique
Nylon		Agent d'étoffement, contrôle de viscosité, opacifiant (crème antiride)

## La production et l'utilisation du plastique dans le monde

Le plastique est connu pour être un matériau polyvalent, léger, solide, transparent, idéal pour une variété d'applications, il a remplacé beaucoup d'autres matériaux comme le vert, le bois...etc. La production mondiale de la matière plastique a augmenté de façon constante au cours des dernières années (fig.5). Cette production est d'environ 245 millions de tonnes par an et près de 25% de la production mondiale se déroule en Europe (Plastic Europe, 2010).



**Figure 5** :L'évolution de la production de plastique dans le monde entre 1950-2017 (Plastic Europe).

L'utilisation de matières plastiques a atteint environ 100 kg par an et par habitant en Amérique du Nord et en Europe occidentale en 2005 et devrait augmenter à 140 kg d'ici 2015 (UNEP, 2011). Dans les pays asiatique l'utilisation actuelle est d'environ 20 kg de plastique par an et par personne, et est estimé à 36 kg d'ici 2015 (UNEP, 2011). Cependant après cinq décennies de croissance continue, une baisse de la production est enregistrée en 2008 en raison du ralentissement économique.

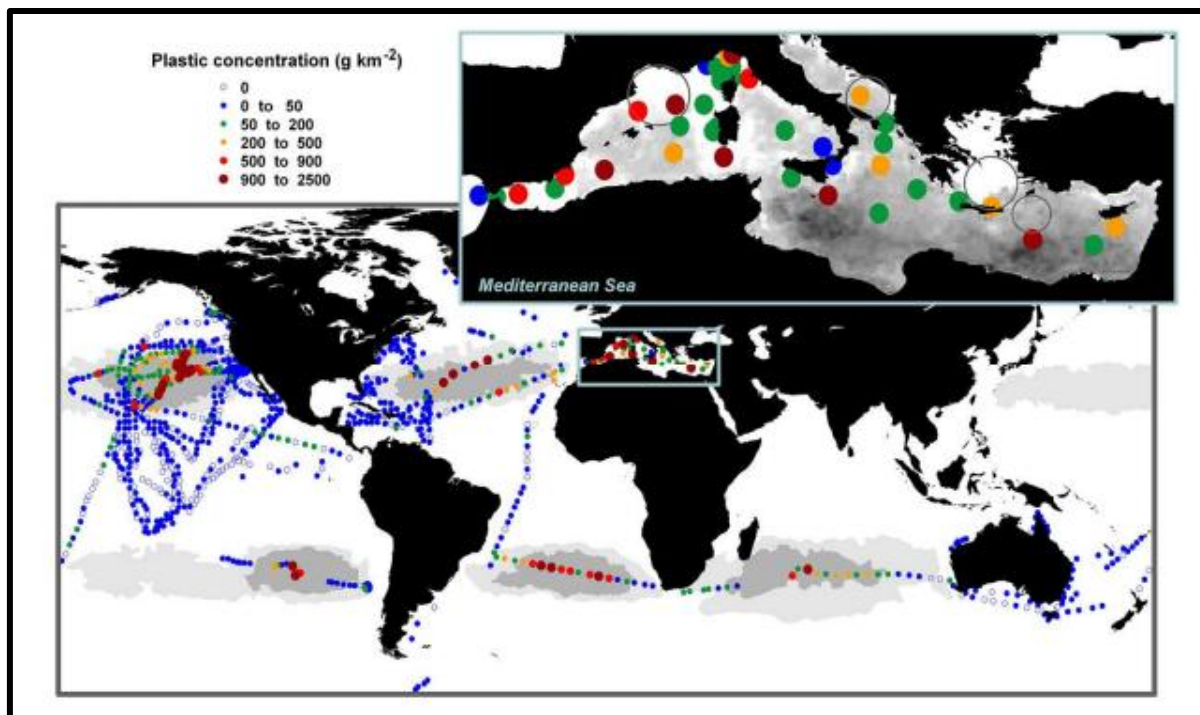
Entre 100 000 et 1 milliard de particules plastiques flottent à l'échelle toute relative de la mer Méditerranée (Pedrotti et al., 2016 ; Suaria et al., 2016). Les applications des plastiques sont nombreuses et variées. En Europe, environ 38 % des plastiques sont utilisés pour les emballages jetables (Barnes et al, 2009).

### **Les débris plastiques dans l'environnement marin**

L'augmentation de la production du plastique enregistrée ces dernières décennies a cependant entraîné une augmentation des déchets plastiques se retrouvant en mer. Effectivement près de 75 à 80.000.000 de tonnes par an de plastique emballages, utilisés dans le monde finissent dans les océans (Corcoran et al., 2009), c'est à dire que 60 à 80% de plastique se retrouve dans les mers et océans, atteignant parfois 90 à 95% dans certaines régions du monde (UNEP, 2011).). En méditerrané, une forte concentration de débris plastique est aussi enregistrée. Les micros déchets de plastique sont ainsi estimés à 250 milliards, et la concentration atteindrait 900 000 particules au Km<sup>2</sup> dans certaines zones (Turener, 2011). Ces débris marin finissent pour la plupart par s'échouer sur les plages et les côtes sous l'action des vents et des courants. Les plages du monde entier sont ainsi jonchées de débris plastique, qui représente une réelle menace pour les organismes marins (Thompson et al., 2004).

### **Évaluation du plastique dans la mer Méditerranée :**

La Méditerranée est en effet une zone d'accumulation importante du plastique, car il s'agit d'une mer semi-fermée dont les côtes sont très urbanisées et industrialisés et avec des activités très intenses de transport maritime, touristique, de pêche et aquaculture. De plus, elle possède un temps de renouvellement des eaux de 90 ans, alors que la persistance des plastiques est très largement supérieure à 100 ans (Koumba, 2018). Ceci expliquerait pourquoi la mer Méditerranée a été décrite comme l'une des zones les plus touchées par les déchets marins dans le monde étant donné qu'elle est semi-fermé les déchets l'atteignant échouent sur les fonds, atteignant parfois plus de 100.000 particules/km<sup>2</sup> (Galgani et al., 2000). La mer Méditerranée connaît, en moyenne, les densités de plastiques les plus importantes au monde (Tara, 2014). 200 000 touristes envahissent annuellement les côtes méditerranéennes et provoquent une hausse de 40 % de la pollution marine chaque été, alors que 27 millions de tonnes de plastique sont produites chaque année en Europe et seulement 1/3 de ce plastique est recyclé (Cristina et al, 2017).



**Figure 6:** évaluation de la concentration des débris plastiques dans les eaux de surface, zoom sur la mer Méditerranée, lors de la campagne la circumnavigation Malaspina 2010 (Cozar et al., 2014).

Parmi les millions de tonnes de plastiques produits chaque année, 50 % d'entre eux sont à usage unique comme les emballages, les films agricoles et les objets de consommation jetables (Hopewell *et al.*, 2009). Une fois devenus obsolètes, une partie des déchets plastiques est valorisée (Hamad *et al.*, 2013). La valorisation de la matière consiste à recycler les déchets plastiques pour les transformer en matière première secondaire permettant ainsi la conception de nouveaux produits. Tous les pays du littoral Méditerranéen sont concernés et il est donc urgent et indispensable de collaborer tous ensemble afin de trouver des solutions communes pour stopper cette tragique pollution plastique. Les déchets plastiques ne connaissent pas de frontières, Ils se déplacent et se concentrent au gré des courants et des vents qui rendent cette mer semi fermée très dynamique...

### **Sources de la pollution marine par les plastiques**

Il est communément admis dans la bibliographie internationale qu'environ 70% à 80% des déchets retrouvés dans les mers et sur le littoral sont d'origine tellurique et que le solde provient des activités maritimes (Hidalgo, 2012). Cependant, une étude menée exclusivement sur le littoral de plus de cent pays par International Clean Up montre que près de 60% des déchets récoltés sur les plages proviennent directement des activités menées sur place (Henry, 2010). Les principales sources de pollution plastiques sur les plages recensées sont :

### **1.9 Déchets abandonnés par négligence ou volontairement sur le littoral par les usagers**

Les bouteilles en plastique, les emballages alimentaires, les jouets d'enfants laissés par les baigneurs et usagers des plages représentent la source primaire des débris plastique retrouvés sur les plages après fragmentation (Pruter, 1987).

### **1.10 Décharge**

Les décharges et dépotoirs sauvages représentent une source d'apport importante de déchets plastique sur les plages. Les vents les cours d'eau les transportent pour finir sur les plages (Franeker, 1985). L'AND a dénombré plus de 700 décharges sauvages, dont une partie importante est localisée dans les wilayas littorales.

### **1.11 Les ports**

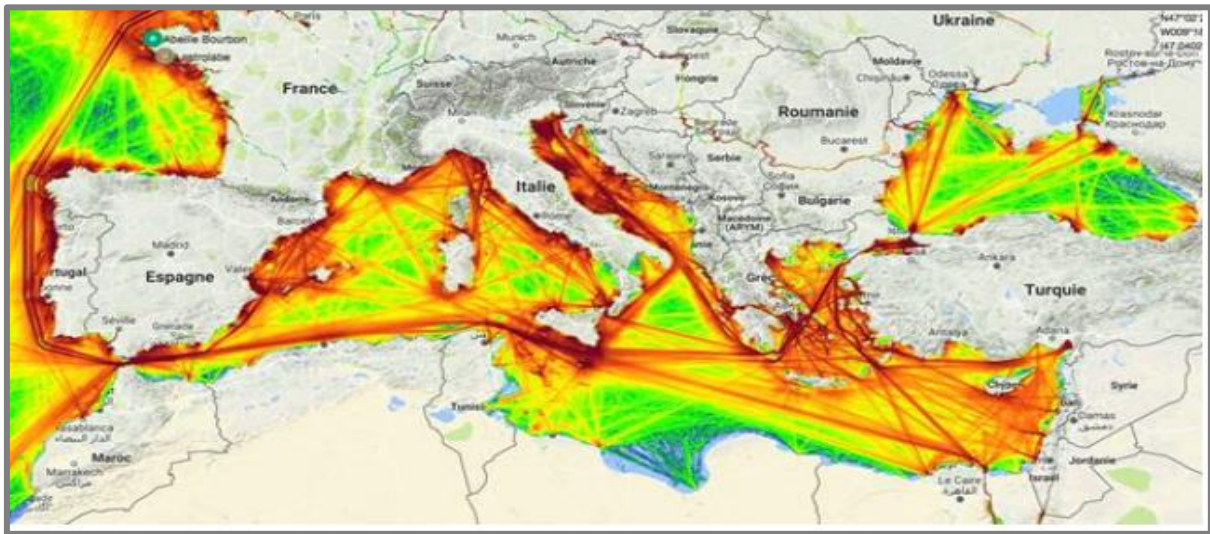
L'activité portuaire génère des quantités importantes de déchets de toutes sortes. Les déchets proviennent de pertes lors de la manutention des cargaisons sur les quais et les navires. Dans les bassins du port, des nappes de macro-déchets s'accumulent jusqu'à être transportés lors des vents et des courants forts sur les plages voisines (Janssen et Claesens, 2011).

L'Algérie dispose de 11 ports de commerce, 3 ports pétroliers (Arzew, Skikda et Bejaïa), 3 principaux ports polyfonctionnels (Alger, Oran et Annaba), 2 moyens (DjenDjen et Mostaganem) et enfin, 3 petits ports (Ghazaouet, Dellys et Ténès).

### **1.12 Trafic maritime**

Le rejet des déchets par les navires de commerces et les bateaux de croisières est une source prouvée de débris plastiques en mers (Galgani et al, 1995). Malgré la législation et les conventions internationales pour l'interdiction des rejets, l'accumulation de ces derniers ; en majorité des matières plastiques ; dans les fond marins et à la surfaces des mers augmente de plus en plus (Miyaki et al., 2010). Les plus grandes quantités de granules de plastique de pré-production retrouvés sur les plages viennent des pertes fortuites au cours du transport maritime (Doyle et al., 2011). La Méditerranée concentre 30% de trafic maritime mondial au passage du canal de Suez (Tara, 2014).

Le transport maritime représente 95% du commerce international de l'Algérie (CMA/CGM Algérie, visité le 28-09-2021).



**Figure 7:** Le trafic maritime dans le monde (Site Marine Traffic).

### **1.13 Activités anthropiques menées à terre, y compris sur le littoral**

Toutes les activités humaines, qu'elles soient localisées sur le littoral ou non` produisent des déchets qui sont susceptibles d'être entraînés vers la mer et finir échoué sur les plages. En effet les granules de pré-production et des fragments de plastiques dans les rivières, les estuaires et les eaux côtières sont souvent le résultat d'une mauvaise évacuation des eaux usées des industries de plastique (Colton et al., 1974).

### **1.14 La pêche**

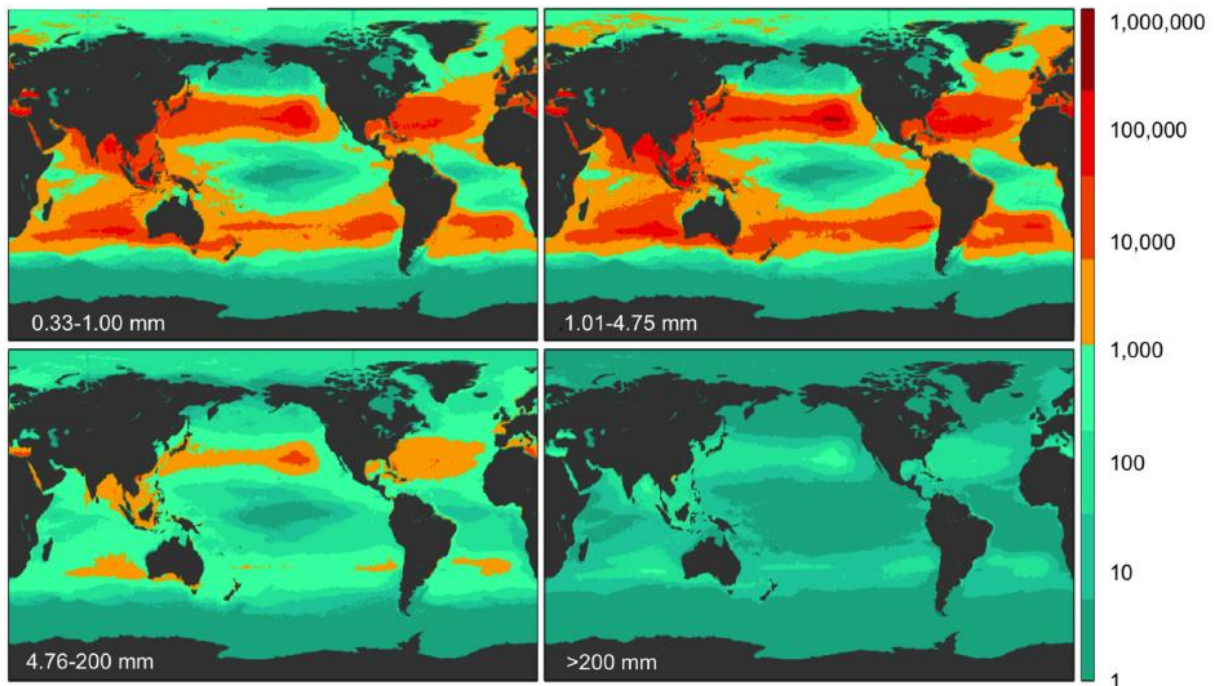
La flotte mondiale utilise désormais la matière plastique comme matières principale dans les applications des engins de pêches (Watson et al., 2006). Environ 18% des débris marin en plastique, sont attribués aux activités de pêche. En effet, tous ce qui ne sert plus au pêcheur comme (cordages, casiers, bouées, filets, polystyrène, bidons) sont jetés en mer pour finir le plus souvent échoués sur les plages (Timmers et al., 2005).

## **Accumulation des microplastiques dans les systèmes marins**

Les multiples combinaisons entre les apports de microplastiques (continus et ponctuels) et leur comportement dans les systèmes aquatiques, sous l'effet de leurs propriétés intrinsèques (surface/densité) ainsi que de processus physiques, chimiques et biologiques, engendrent des variabilités spatiales et temporelles (Ryan *et al.*, 2009). Afin de tenter de quantifier les processus gouvernant l'accumulation des débris de plastiques dans les systèmes estuariens et côtiers, Critchell and Lambrechts (2016) ont développé un modèle d'advection-diffusion en étudiant les paramètres suivants : la localisation des sources et la quantité de débris plastiques, la fragmentation des macroplastiques en microplastiques dans l'eau et sur les plages, la remise en suspension des plastiques échoués sur les plages sous l'influence du vent, la diffusion, la dérive due au vent et le taux de sédimentation (densité, fouling). Ils ont montré que la localisation des sources joue un rôle primordial dans la mise en place de zones d'accumulation des plastiques dans les systèmes côtiers.

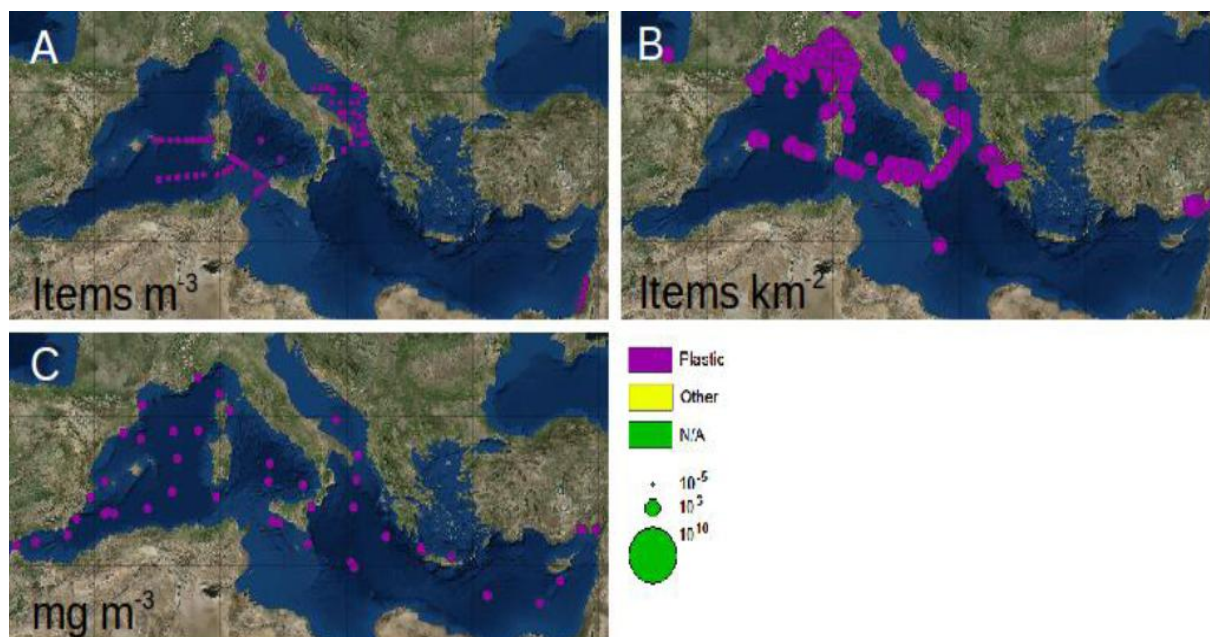
### **1.15 Distribution spatiale**

A l'échelle mondiale, plusieurs travaux ont estimé le stock de plastiques flottants dans les océans en compilant les observations *in situ* avec les modèles océanographiques et les estimations disponibles d'apport de plastiques dans les océans (Cózaret *al.*, 2014; Eriksen *et al.*, 2014; Sebille *et al.*, 2015). Les estimations varient de 5,25 à 51 mille milliards de déchets plastiques (66 à 269 mille tonnes) à la surface des océans (Cózaret *al.*, 2014; Eriksen *et al.*, 2014; Sebille *et al.*, 2015). Ces études ont montré que les microplastiques flottants tendent à se concentrer dans les zones de convergence générées par les 5 gyres subtropicaux suivants : Pacifique Nord et Sud, Atlantique Nord et Sud, et dans l'Océan Indien, ainsi que dans les zones côtières où les concentrations sont maximales (fig. 1.5) (Eriksen *et al.*, 2014; Sebille *et al.*, 2015). Cette différence peut s'expliquer par la non-inclusion des macroplastiques dans certaines estimations (Cózaret *al.*, 2014; Sebille *et al.*, 2015). De plus, Eriksen *et al.* (2014) suggèrent que les processus restant tels que la photodégradation, la biodégradation, l'ingestion par les organismes marins, la sédimentation des particules via le fouling ou par l'entraînement d'autres particules sédimentant, ainsi que l'échouage le long des côtes peuvent expliquer cette différence. D'après ce modèle, les microplastiques représentent 92,4 % des 5,25 mille milliards de particules de plastiques flottant à la surface des océans (fig.8).



**Figure 8:** Estimation de la densité de plastiques flottant (particules.km<sup>-2</sup>) selon quatre classes de tailles (0,33 - 1,00 mm, 1,01 - 4,75 mm - 4,76 - 200 mm et > 200 mm) (Eriksen et al., 2014).

Un nombre croissant d'études s'intéresse à la contamination des zones côtières, notamment dans les zones de balancement des marées (Cole *et al.*, 2011). A une échelle spatiale plus petite (quelques dizaines de km), la variabilité dans la distribution des plastiques est influencée par les turbulences de surface (vent, vagues), la distance à la côte, la proximité des sources (Collignon *et al.*, 2012; Goldstein *et al.*, 2013; Pedrottiet al., 2016). Pedrottiet al. (2016) ont montré une corrélation positive entre la densité de déchets plastiques flottants et la densité de la population côtière, ainsi qu'avec la distance à la côte.



**Figure 9:** Concentration des MP en surface de la mer Méditerranée (site LITTERBASE). A) Nombre de MP par mètre cube (items  $m^{-3}$ ). B) Nombre de MP par kilomètre carré (items  $km^{-2}$ ). C) Masse de MP par mètre cube ( $mg m^{-3}$ ).

### 1.16 Accumulation à long terme

La production de plastiques en augmentation constante suivie d'un apport continu de déchets plastiques et microplastiques entraînent leur accumulation à long terme dans les systèmes aquatiques. Quelques travaux ont fourni des données remontant aux années 1960, mais il reste difficile d'estimer l'évolution de la pollution de la surface des océans sur le long terme car les techniques et les zones échantillonnées ne sont pas toujours les mêmes (Frère, 2017). L'étude réalisée sur l'évolution de la densité des microplastiques sur le long terme publiée en 2004 dans les îles Britanniques et en Islande par Thompson *et al.* (2004) a révélé une augmentation des microplastiques entre les années 1960 et 1970, et 1980 et 1990, mais sans valeurs significatives pour les décennies suivantes. Les travaux menés en 2010 dans le gyre subtropical Pacifique Nord n'ont rien montré de significatif à partir des années 1990 (Law *et al.*, 2010). Une autre étude menée dans le même gyre a rapporté une augmentation de deux ordres de grandeur entre 1972 à 1987 et 1999 et 2010 (Goldstein *et al.*, 2012). Cependant, cette augmentation peut être expliquée par l'effort d'échantillonnage de la seconde période qui a été réalisé dans la zone connue pour ces fortes concentrations en plastiques, alors que l'échantillonnage de la première période a été réalisé sur une zone plus vaste. Cette absence d'accumulation en surface au cours du temps, malgré la production exponentielle de plastiques et donc de déchets depuis plusieurs décennies, peut également être expliquée par

les multiples processus (propriétés intrinsèques des plastiques, forçages hydrodynamiques et processus biologiques) qui régissent leur devenir dans les systèmes aquatiques (Frère, 2017).

## **Dégradation des plastiques en milieu marin**

Plusieurs études se sont attachées à décrire les étapes physiques, chimiques et biologiques intervenant dans la décomposition du plastique (Andrady, 2011). Il existe quatre mécanismes de dégradation du plastique dans l'environnement marin :

### **1.17 Biodégradation**

D'après Bruzaud (2015), seulement 1 à 2 % des plastiques largués dans les mers et océans à l'échelle mondiale sont des bioplastiques. La dégradation biologique est en majeure partie réalisée par les microorganismes, essentiellement des bactéries (Shah et *al.*, 2008).

### **1.18 Photodégradation (photolyse)**

Dégradation d'une molécule sous l'action des photons du soleil où la photolyse conduit à une molécule donnée de passer d'un état fondamental à un état excité, par la rupture des chaînes polymériques et diverses réactions chimiques, les matériaux deviennent poreux et instables à la formation de radicaux libres tel qu'OH, exemple : le polypropylène, sous l'action de rayonnement UV, il peut se former des groupes hydro peroxydes sur les carbones tertiaires. Ces groupements sont ensuite susceptibles d'évoluer en cétones (GESAMP, 2015).

### **1.19 Agglomération de biomasse**

Les micro-organismes viennent s'accrocher aux particules de plastiques entraînant des modifications de leurs caractéristiques notamment sur leur taille et leur masse volumique et par conséquent sur leur trajectoire : leur vitesse et leur position en surface ou plus en profondeur. Exemple : l'agglomération de biomasse conduirait à une augmentation de la masse des débris plastiques d'environ 7% (BEI Énergétique et Procédé (2013) sur le Traitement de la Plaque de déchets du Pacifique Nord) (GESAMP, 2015).

### **1.20 La dégradation par hydrolyse**

L'humidité élevée accélère le taux de dégradation de plusieurs classes de plastiques (Davis et Sims., 1983). Cependant, tous ces processus sont lents, le plastique peut prendre jusqu'à 50

ans pour se dégrader totalement (Muller, *et al.*, 2001). Ceci est encore plus difficile dans l'eau de mer (de 100 ans jusqu'à 1000 ans), car l'effet de la dégradation par le soleil est significativement diminué en raison des températures basses et de la faible disponibilité de l'oxygène (Andrady, 2011).

## **Le transport des microplastiques**

La connaissance du devenir des déchets plastiques dans le milieu marin reste parcellaire et de nombreux facteurs peuvent intervenir comme les caractéristiques propres à chaque particule, la nature et la localisation des sources et l'influence de processus physiques, chimiques et biologiques (Andrady, 2011; Doyle *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2014). La circulation est le principal moteur de transport de déchets marins, les MP sont véhiculés grâce à trois facteurs principaux : les cours d'eau, les sédiments, le vent et les courants marins (Galgani, 2010)

### **1.21 Les cours d'eau**

Constituent des vecteurs d'apport importants de déchets sur les plages proximales. En effet, les objets abandonnés sur les berges ou jetés dans les cours d'eau sont véhiculés jusqu'à l'embouchure par l'écoulement régulier (André, 2000). La pluviosité est également un paramètre à considérer en raison des crues qui entraînent avec elles des débris et provoquent parfois des débordements de certains réseaux d'assainissement.

### **1.22 Les courants**

Le transport de surface est principalement gouverné par les courants de surface des océans eux même régis par les forçages hydrodynamiques. Parmi les processus physiques environnementaux influençant la distribution verticale des microplastiques, la turbulence de la couche de surface (vent, houle, hydrodynamique, tempêtes) joue un rôle majeur. Cela peut générer un mélange de la couche d'eau entraînant une distribution verticale des microplastiques de surface dans les premiers mètres de la colonne d'eau sur le court terme (Enders *et al.*, 2015).

### **1.23 Les vents**

Les trajectoires des déchets flottants en mer sont essentiellement influencées par les vents (plus que par les courants et l'agitation) (André, 2000). Ils peuvent repousser les déchets vers le large ou le long du littoral, mais ils peuvent aussi favoriser l'atterrissement sur la plage, puis vers les terres. Sur terre, le vent emporte les déchets des décharges sauvages de poubelles éventrées vers les cours d'eaux, la mer ou la plage (Henry, 2010).

## 1.24 Les sédiments

L'agrégation des microplastiques avec la matière organique est considérée comme la principale voie de transport des microplastiques vers les sédiments d'eau profonde. Les sédiments constitueraient ainsi un réservoir majeur pour les microplastiques (Law et *al.*, 2010 ; Moret-Ferguson et *al.*, 2010 ; Van Cauwenberghe et *al.*, 2013 ; Cozar et *al.*, 2014)

### **Impact de la pollution plastique**

Selon Marek et all (2020), la pollution plastique a plusieurs impacts sur l'écosystème : elle impacte fortement la faune et la flore marine, par enchevêtrement, ingestion et par le fait qu'ils permettent le transport de pathogènes et de polluants.

- Les impacts sanitaires sur l'Homme ne sont aujourd'hui pas complètement connus, mais la littérature actuelle conclut que les risques des plastiques marins sur la santé humaine sont minimes. Les océans fournissent des services écosystémiques inestimables. Ils sont cependant menacés par la pollution plastique
- La pollution plastique marine impacte négativement l'économie du tourisme, les rendements de la pêche et la navigation maritime.

# **Chapitre 2.**

## **Matériel et méthodes**

## Chapitre II : Matériel et méthodes

### Présentation de la zone d'étude

Alger est de par son statut et ses fonctions la première ville d'Algérie. Elle comprend les plus importantes concentrations au niveau national en matière de population, d'activités de services, d'équipements, d'infrastructures, de centres de recherche, d'industries et de grands projets urbains. Elle s'étend sur plus de 810 Km<sup>2</sup> et est limitée par la mer Méditerranée au Nord, la wilaya de Blida au Sud, Tipaza à l'Ouest et Boumerdes à l'Est. La wilaya d'Alger se trouve à 36° 46' 34" Nord, 3° 3' 36" Est. Dans le cadre de cette étude, et afin d'avoir une idée sur la situation de la pollution marine dans les zones côtières de la wilaya d'Alger, les méthodes scientifiques ont été appliquées à l'étude des plages du littoral Algérois. Ce dernier contient 20 communes côtières ou littorales et caractérisé par une Façade maritime de 107 km dont la superficie terrestre : 122,17 km<sup>2</sup> et une superficie marine de 1783 km<sup>2</sup>, avant la période estivale de juin à juillet 2021. La sélection des plages de référence a été établie selon les critères suivants : (1) composition des plages de sable ou de gravier, (2) son exposition directe à la mer ouverte, (3) son accessibilité et (4) longueur de plage minimale de 100 m.

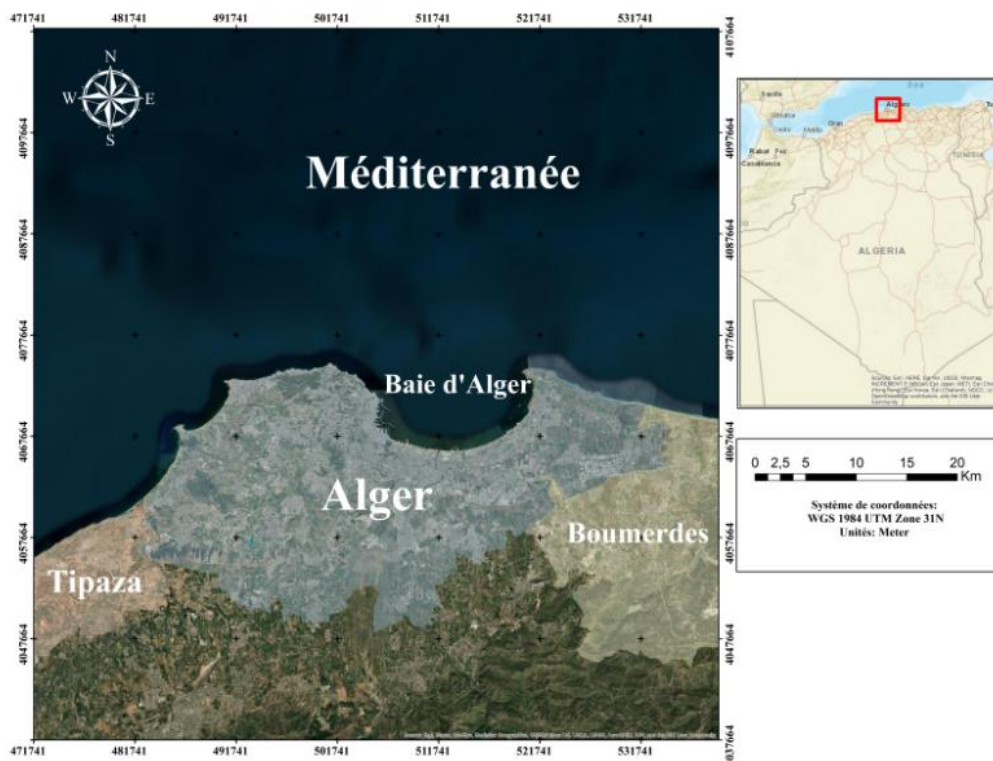


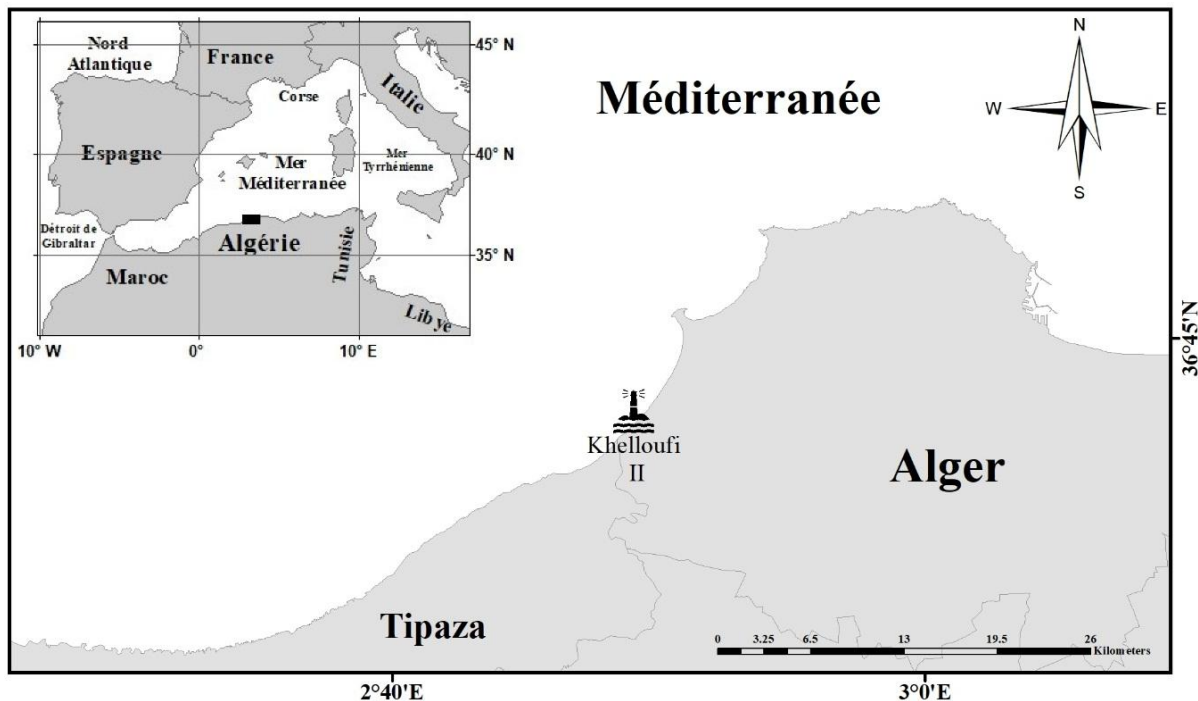
Figure 10: Carte du littoral Algérois (Présente études).

## Macro-plastique

### 1.25 Choix de site

Le choix de site à étudier s'est porté sur la plage de Kheloufi II (Zeralda) qui est illustrée sur la figure 11. Ce choix obéit à certains critères pouvant influencer la distribution des déchets sur la côte, en particulier les critères suivants :

- Un linéaire minimum est de 100m et une pente faible à modérée ( $15^{\circ}$  à  $45^{\circ}$ ) ;
- Un accès libre à la mer (non bloqué par des brise-lames ou des débarcadères) afin que les déchets marins ne soient pas retenus par des structures artificielles ;
- Accessible toute l'année par les équipes de relevé des déchets ;
- Idéalement, le site ne doit pas être un lieu où d'autres ramassages sont effectués, cependant les zones choisies sont touristiques et très fréquentées par le public toute l'année. La durée de non-nettoyage avant le relevé effectué sur ces sites est connue ;
- Le relevé des déchets n'a pas eu d'impact ni sur des espèces protégées ou en danger de faune ni sur la végétation côtière sensible.



**Figure 11:** Carte de localisation de la plage Kheloufi II (Présente étude)

Plage	Daïra	Commune	Coordonnées géographiques	Nature	Longueur(m)	Largeur(m)
Kheloufi 2	Zeralda	Zeralda	36°42'18"Nord 2° 48' 46"Est	Sable fin a grossier	1000	40

**Tableau3:** Caractéristiques de la plage Kheloufi II.

### 1.26 Protocole d'échantillonnage par la méthode OSPAR

Les travaux d'échantillonnage se sont déroulés le 14 juillet 2021, avant la saison estivale et le passage des services de nettoyage des communes. La Convention sur la protection du milieu marin du Nord-Est de l'Atlantique appelée convention OSPAR, repose sur une méthode standard bien définie pour l'analyse statistique des déchets de plage. En pratique, les directives de surveillance OSPAR sont largement utilisées en Europe et garantissent la comparabilité des données récentes.

- Un transect parallèle au trait de côte a été mis en place. Ce transect long de 100 m et large de 40 m (largeur de la plage) a été matérialisé et délimité à l'aide d'un fil et de bâtons ;
- Tous les objets trouvés sont notés sur les fiches de relevé, chaque objet à un numéro d'identification unique. La taille minimale appliquée est de 0,5 cm) ;
- Les déchets sont ramassés dans des grands sacs de poubelles. Les sacs ont ensuite été vidés et les déchets triés et comptés selon les catégories de la fiche citée précédemment ;
- Après le tri de chaque catégorie de déchet, celui-ci est ramassé dans un sac pour le pesage. Et pour finir, tous les déchets sont ramassés dans un sac pour avoir le poids total.

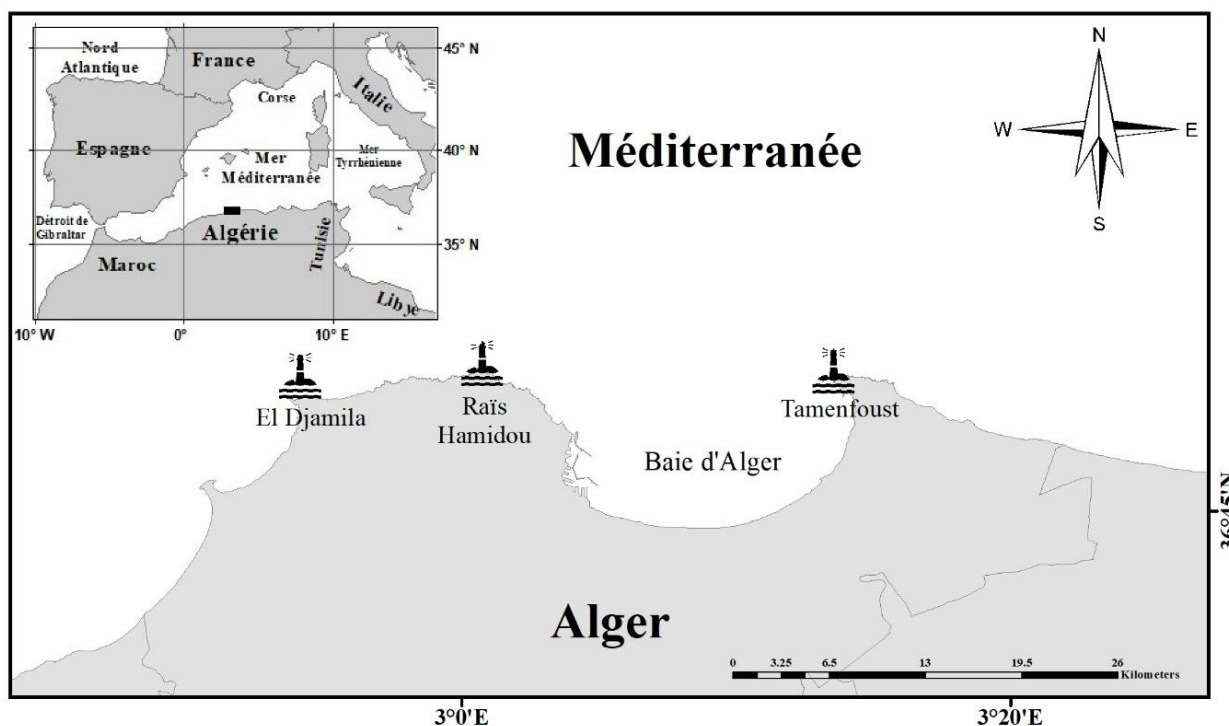
### Microplastiques

#### 1.27 Choix des sites

Le choix des sites à étudier s'est fait en fonction de certains critères pouvant influencer la distribution des déchets sur la côte. Afin de couvrir l'intégralité du littoral d'Alger. Trois sites ont été choisis : à l'Est la plage de Tamentfoust, à l'Ouest la plage El Djamila et au Centre : la plage Raïs Hamidou. Les plages échantillonnées sont illustrées sur la figure 12. Les caractéristiques des trois plages sont rapportées dans le tableau 4.

**Tableau4:** Caractéristiques des trois plages El Djamila, Rais-Hamidou et Tamentfoust.

Plage	Commune	Coordonnées géographiques	Nature	Longueur (m)
Tamentfoust	El Marsa	36°48'2''Nord 3°13'48'' Est	Sable fin	238
Rais Hamidou	Rais Hamidou	36°49'3''Nord. 3°00'41'' Est	Sable grossier	
El Djamila	Ain Benian	36°48'01''Nord 2°54'05''Est	Sable fin	150



**Figure 12:** Carte des trois sites de prélèvements (Présente étude)

## 1.28 Protocole d'échantillonnage

Les travaux d'échantillonnage se sont déroulés les jours de mer calme entre Mai et Juin 2021, juste avant le début de la saison estivale. Chaque plage a été échantillonnée suivant la méthode décrite par Costa et al. (2009) et de Bravo et al. (2009).

### 1.28.1 Échantillonnage du sable

Un premier transect parallèle au trait de côte a été mis en place (Costa et al., 2009). Sa longueur est de 100 m et sa largeur de 1 m. Il a été matérialisé et délimité à l'aide d'un fil et de bâtons (fig. 13). Le deuxième transect, perpendiculaire à la côte a été mis en place sur les plages suivant la méthode de (Bravo et al., 2009). La longueur de ce second transect dépend de la largeur des plages échantillonnées. La largeur du transect a été fixée à 1m comme le premier transect.



**Figure 13:** Transect parallèle au trait de côte (Présente étude)

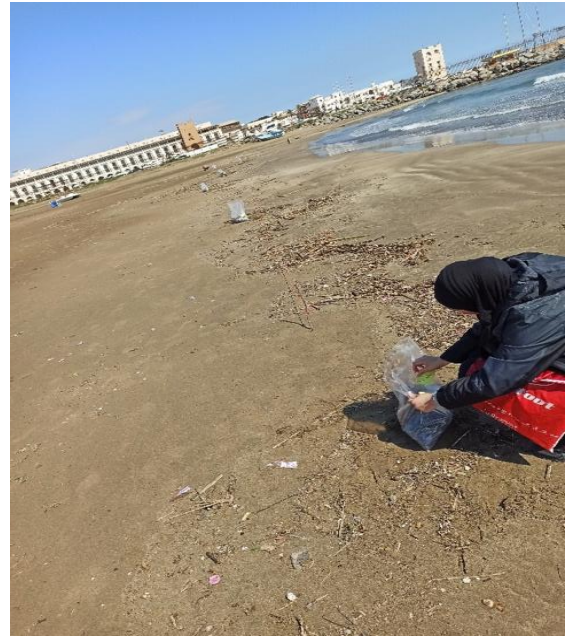
Le sable contenu dans chaque quadra a été prélevé sur 2 cm de profondeur à l'aide d'une truelle. Le substrat a été tamisé à l'aide d'un tamis à mailles de 1 mm (fig 14).



**Figure 14:** Tamisage (Présente étude)

Les particules de plus de 1 mm retenues par le tamis, ont été versées dans un seau rempli d'eau de mer. Les débris plastiques ont été ensuite récupérés par flottaison. Le surnageant a été récupéré à l'aide de filtres à café en papier. Une fois le surnageant récolté, le substrat restant est fouillé afin d'y récupérer d'éventuelles particules de plastique restées bloquées. Les échantillons encore humides ont été transportés dans un endroit clos afin d'y être séchés à

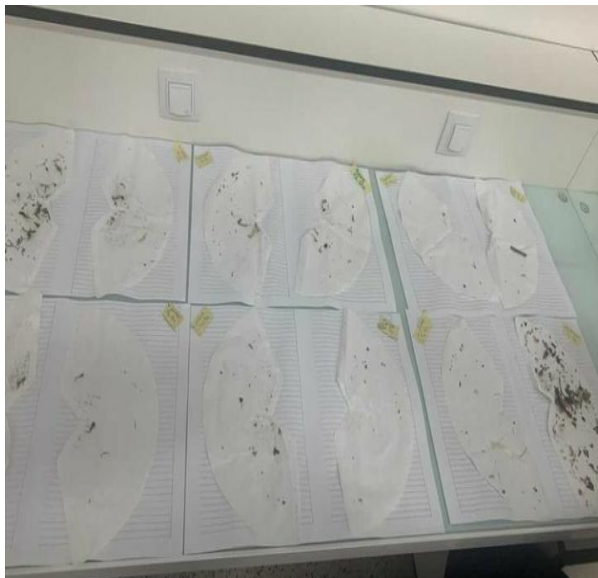
l'air libre. Une fois sec, le contenu de chaque quadra est versé dans un gobelet ou un sac de congélation étiqueté et couvert jusqu'au tri au laboratoire (fig.15).



**Figure 15:** Etiquetage (Présente étude)

### 1.28.2 Tri du sable au laboratoire

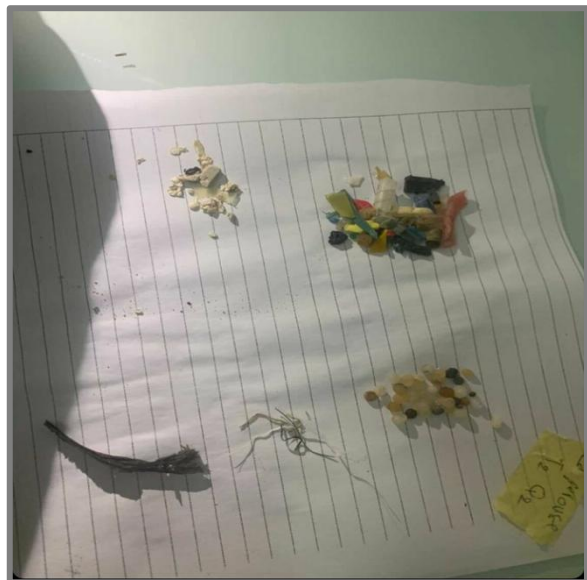
Au laboratoire, les échantillons ont été déposés sur des réceptacles à surface plane (fig.16).



**Figure 16:** Le dépôt des échantillons (présente étude).

Les débris organiques et non plastiques ont été retirés ainsi que les plastiques de taille supérieure à 50mm. Le substrat restant a été trié selon 5 catégories, à savoir les plastiques durs, les plastiques mous, les pellets, les films et les filaments. Les plastiques durs, représentent les plastiques cassables ; les mous, les plastiques tordables, les autres catégories

sont facilement reconnaissables. Les débris ainsi triés ont été comptés puis pesés par catégorie et par transect avec une balance de précision (fig.17).



**Figure 17 :** Comptage des échantillons (Présente étude).

## **Analyses statistique**

Après le tri et la quantification des déchets récoltés sur chaque plage, mer, et afin de donner plus de crédibilité à nos résultats, nous avons procédé aux calculs des statistiques élémentaires, en utilisant l'analyse de la variance (ANOVA). Pour déterminer si les différences entre les moyennes sont statistiquement significatives, comparer la valeur de p du terme au seuil de signification pour évaluer l'hypothèse nulle. L'hypothèse nulle veut dire que les moyennes de population sont toutes égales. En général, un seuil de signification (noté alpha ou  $\alpha$ ) de 0,05 fonctionne bien. Un seuil de signification de 0,05 indique un risque de 5 % de conclure à tort qu'une différence existe. (Miler, 1997)

**Valeur de  $p \leq \alpha$  : les différences entre certaines moyennes sont statistiquement significatives.**

Si la valeur de p est inférieure ou égale au seuil de signification, vous pouvez rejeter l'hypothèse nulle et conclure que toutes les moyennes de population ne sont pas égales. Utilisez vos connaissances spécialisées afin de déterminer si les différences sont significatives dans la pratique.

**Valeur de  $p > \alpha$  : les différences entre certaines moyennes ne sont pas statistiquement significatives.**

Si la valeur de p est supérieure au seuil de signification, vous ne pouvez pas rejeter l'hypothèse nulle car vous n'êtes pas en mesure de conclure que les moyennes de population sont égales. Vérifiez que le test est assez puissant pour détecter une différence qui est significative dans la pratique.

# **Chapitre 3.**

## **Résultats et discussions**

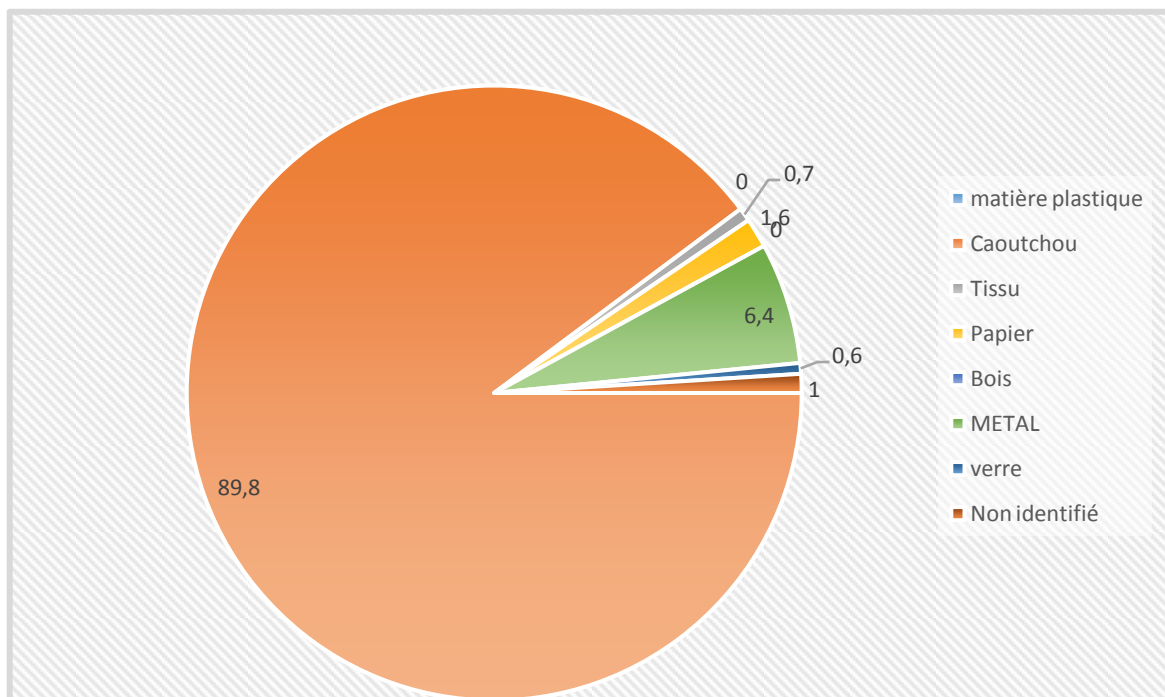
---

## Chapitre 3 : Résultats et discussions

### Macro-plastiques

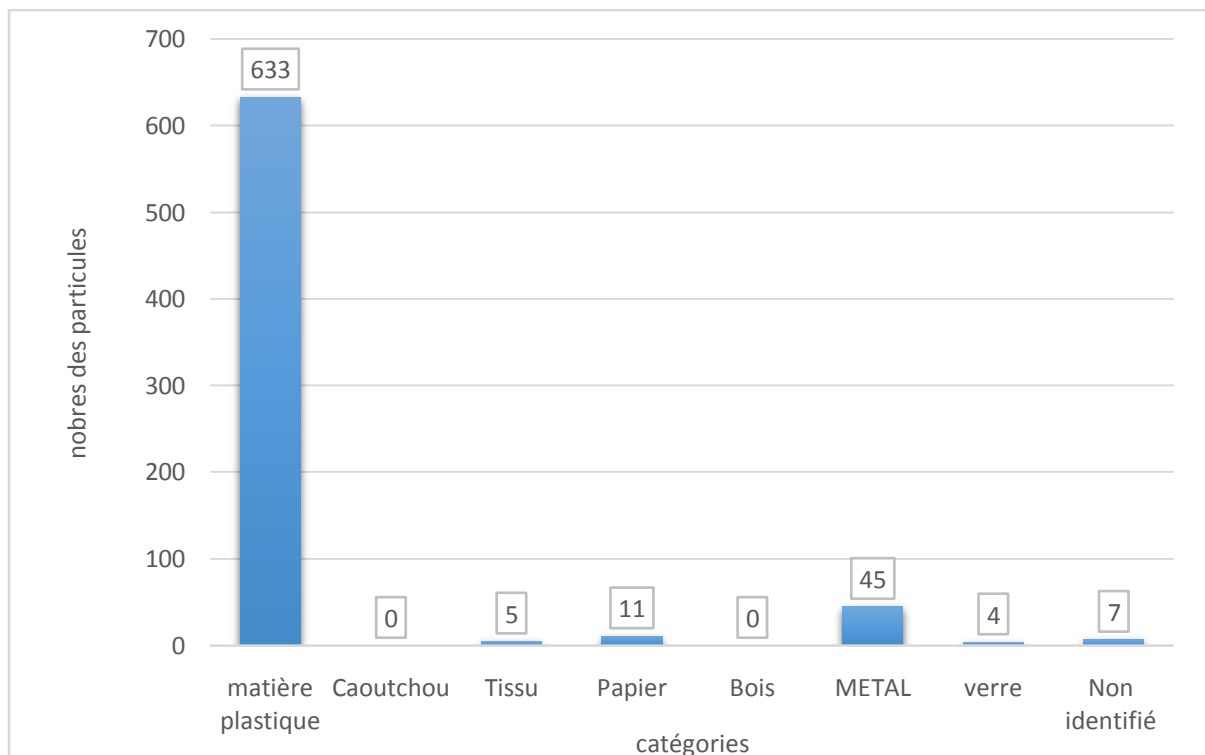
La sortie effectuée le 14 juillet 2021 à la plage Kheloufi II au niveau de la wilaya d'Alger nous a permis d'avoir une idée un peu plus précise sur les quantités des déchets présents au niveau de cette plage.

Les données obtenues (fig.18) ont permis de constater que sur un linéaire côtier de 100 m la quantité des déchets collectés, les déchets en plastique représentent 89,8% de la totalité des déchets ramassés. Le pourcentage restant se répartit entre le papier avec 1,6%, le métal avec 6,4, le verre avec 0,6%, le tissu 0,7% et les matières non identifiées avec 1%.



**Figure 18 :** Pourcentages des déchets collectés par catégorie dans la plage Kheloufi II (Présente étude).

L'histogramme (fig.19) représente la distribution de la quantité des déchets collectés par catégorie, il permet de constater que sur les 705 articles collectés la catégorie dominante est celle des déchets en plastique avec 633 particules avec 4,78 kg. Pour les autres catégories 45 particules de métal ont été dénombrées, 11 particules du papier, 7 particules non identifiées et 5 particules de tissu.



**Figure 19 :**Répartition des déchets collectés par catégorie dans la plage Kheloufi II (Présente étude).

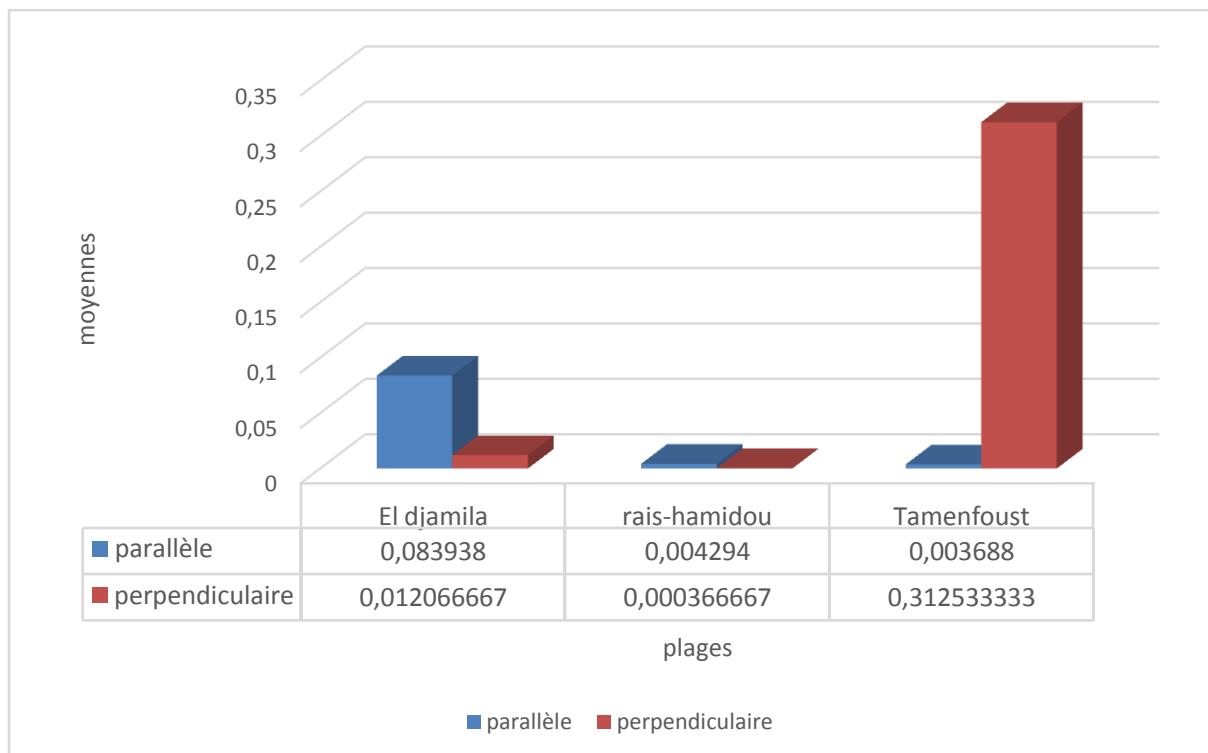
La dominance des plastiques au niveau de la plage Kheloufi II pourrait s'expliquer par l'omniprésence de ce dernier dans le quotidien. En effet, les plastiques constituent la plus grande fraction des déchets de plage. Les catégories les plus répandues de déchets marins sont les emballages (sacs en plastique, récipients pour aliments et pour boissons) et les articles jetables, à usage unique (par ex. pailles, bouteilles, cotons tiges).

## Microplastiques

### 1.29 La moyenne des débris plastiques au niveau des plages

La Figure 20 révèle les moyennes des débris plastiques par transect dans les trois plages (El Djamila, Raïs-Hamidou et Tamentfoust).

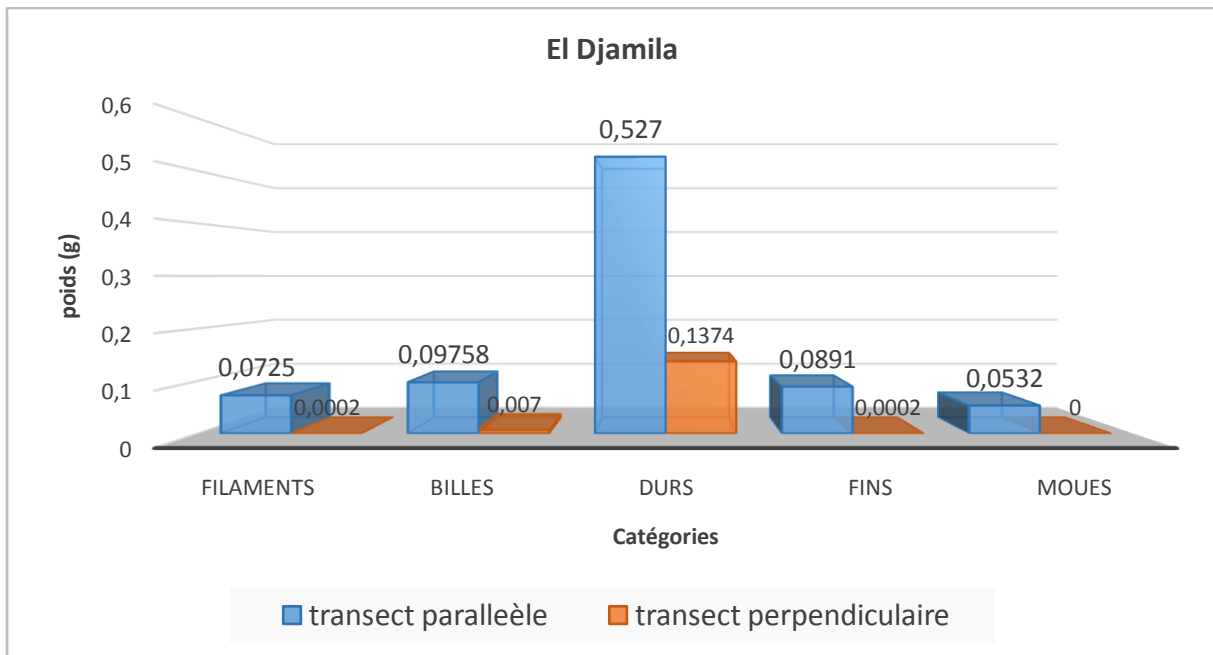
On remarque que pour le transect parallèle, la moyenne la plus élevée est celle de la plage El Djamila avec une valeur de 0,08 g. Et pour le transect perpendiculaire, la moyenne la plus élevée est celle de la plage Tamentfoust avec 0,31 g.



**Figure 20 :** La moyenne des plastiques par transect au niveau des trois plages (El Djamila, Rais-Hamidou et Tamentfoust).

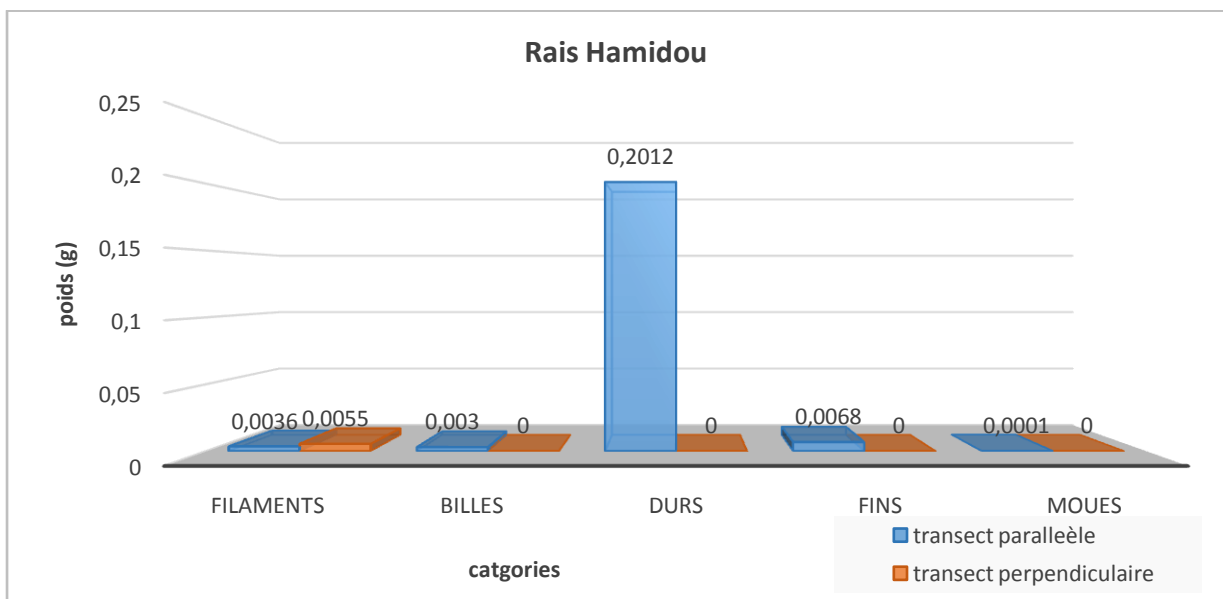
### 1.30 Distribution des débris plastiques par catégories en fonction des deux transects (parallèle et perpendiculaire)

La pesé des déchets par type et par transect permet de constater la dispersion des déchets suivant la distance entre le sable et l'eau. La figure 21 montre que pour les deux transect (parallèle, perpendiculaire) la catégorie dominante est celle des microplastiques durs avec 527 mg pour le transect parallèle et 137,4 mg pour le transect perpendiculaire, et la catégorie la moins dominante est celle des microplastiques mous avec 53,2 mg pour le transect parallèle et 0 mg pour le transect perpendiculaire



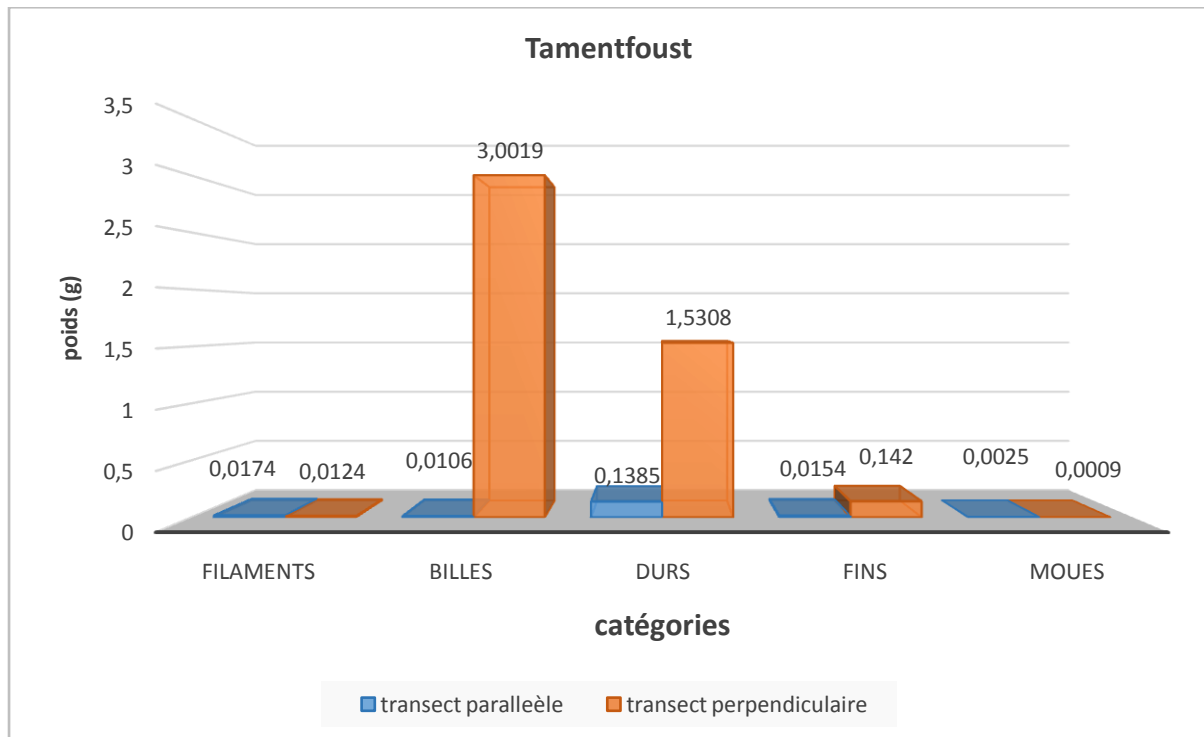
**Figure 21 :** Distribution des poids de chaque catégorie de microplastiques en fonction des transect plage El Djamila.

La figure 22 montre pour le transect parallèle la catégorie dominante est celle des plastiques durs avec 201,2 mg et la catégorie la moins dominante est celle des plastiques mous avec 1 mg. Et pour le transect perpendiculaire la catégorie dominante est celle des filaments, en ce qui concerne les plastiques durs, fins, mous et les billes sont négligeables dans ce dernier.



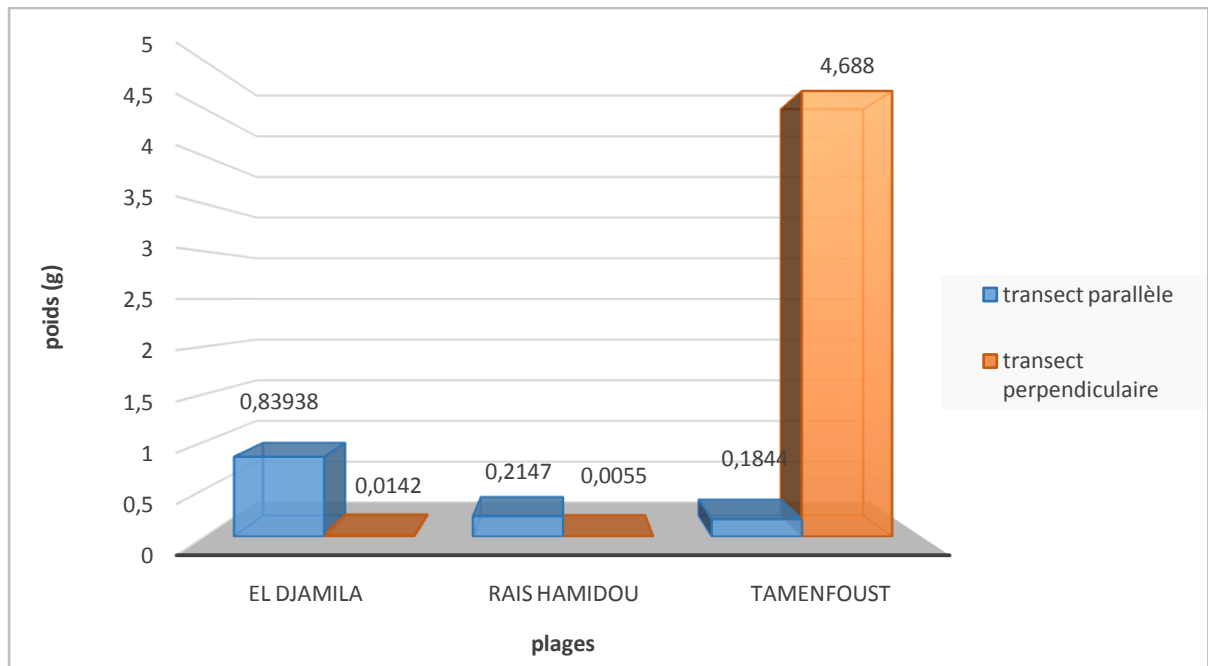
**Figure 22:** Distribution des poids de chaque catégorie de microplastiques en fonction des transect plage Rais Hamidou.

La figure 23 montre pour le transect parallèle la catégorie dominante est celle des plastiques durs avec 138,5 mg et la catégorie la moins dominante est celle des plastiques mous avec 2,5 mg. Et pour le transect perpendiculaire la catégorie dominante est celle des billes avec 3001,9 mg, et la catégorie la moins dominante est celle des plastiques mous avec 0,9 mg.



**Figure 23:** Distribution des poids de chaque catégorie de microplastiques en fonction des transect plage Tamentfoust.

En comparant les trois plages, la figure 24 montre que pour les transect parallèles à la plage El Djamila contiennent le plus des déchets plastiques avec 0,8 g. Et pour le transect perpendiculaire la plage qui contient plus des déchets est la plage Tamentfoust avec 4,7 g.



**Figure 24:** comparaison de la distribution des poids des débris plastique en fonction des transect dans les trois plages (El Djamilia, Rais Hamidou et Tamentfoust).

- **Test ANOVA pour les débris plastiques en fonction des transects pour chaque site**

Afin de comparer la répartition des débris plastiques entre les trois plages en fonction des deux transects (perpendiculaire, parallèle), un test de comparaison des variances ANOVA a été réalisé. Pour les transects parallèles au trait de côte ( $P=0.239 > 0.05$ ), la différence entre les moyennes n'est pas statistiquement significative ; ce qui suggère qu'il n'existe pas une différence entre les 03 plages. Pour les transects perpendiculaires au trait de côte ( $P=0.392 > 0.05$ ), la différence entre les moyennes n'est pas statistiquement significative ; suggérant qu'il n'existe pas également une différence entre les 03 plages. Les comparaisons réalisées n'ont montré aucune différence significative entre les deux types de transects (parallèle et perpendiculaire).

**Tableau5:** Test ANOVA pour les débris plastiques en fonction des transects pour chaque site

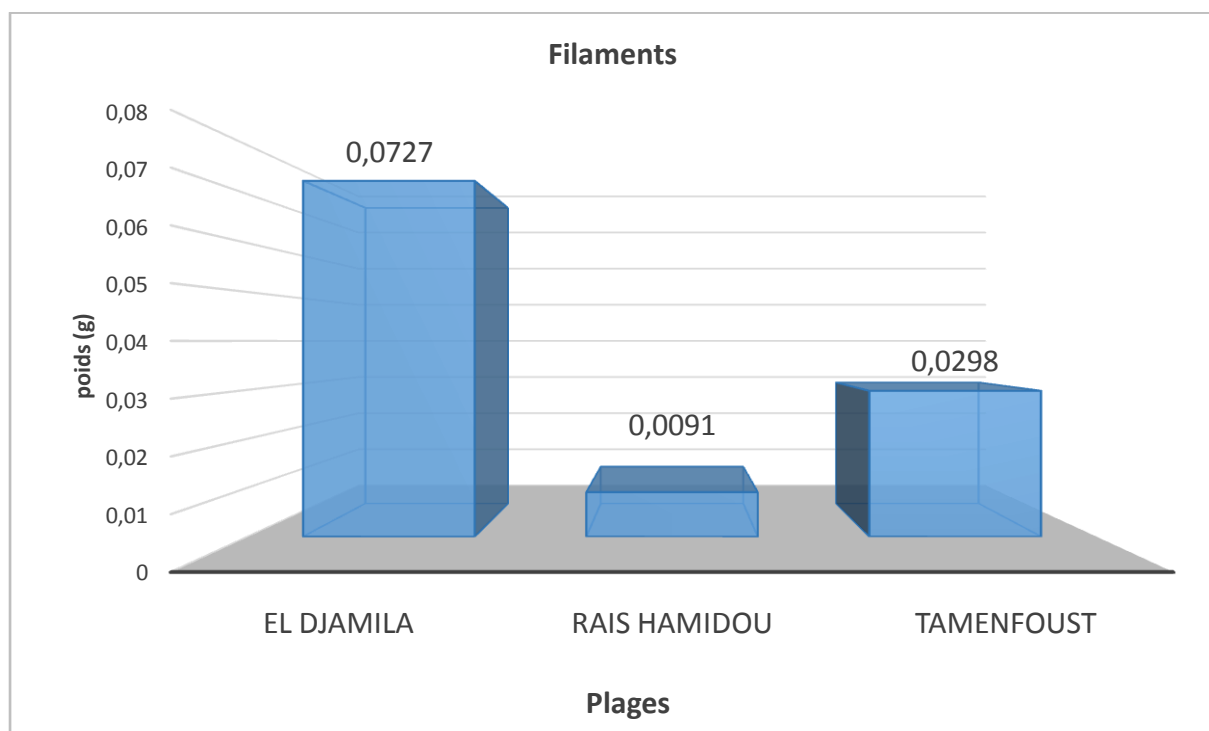
site	Parallèle			Perpendiculaire		
	Moyenne	Ecart-type	p value	Moyenne	Ecart-type	p value
El Djamilia	0.083938	0.06360963	0,239	0.01206667	0.042090687	0,392
Rais Hamidou	0.004294	0.02839934		0.00036667	0.001659581	
Tamentfoust	0.003688	0.01036758		0.31253333	0.838324586	

L'absence de différence significative dans les résultats des moyennes obtenues pour les deux transects au niveau des trois plages (El Djamila, Rais-Hamidou et Tamentfoust) pourrait s'expliquer par une certaine homogénéité de la distribution du plastique à l'échelle de ces dernières. Cela pourrait également probablement être lié la présence des ports de pêche à proximité de chaque plage. L'activité de la pêche est génératrice de déchets plastiques par le fait de l'activité de ramendage ainsi que les déchets des filets. Ces microplastiques sont également le résultat de la fragmentation des macro-déchets plastiques qui sont sur la plage depuis longtemps ou arrivent sur la plage via de petits ruisseaux ou transportés par le vent. En effet, ces macro-déchets plastiques sous l'action combinée du soleil, du vent et des grains de sables se fragmentent en petites particules microscopiques.

### 1.31 Distribution des poids par catégories au niveau des trois plages

#### 1.31.1 Filaments

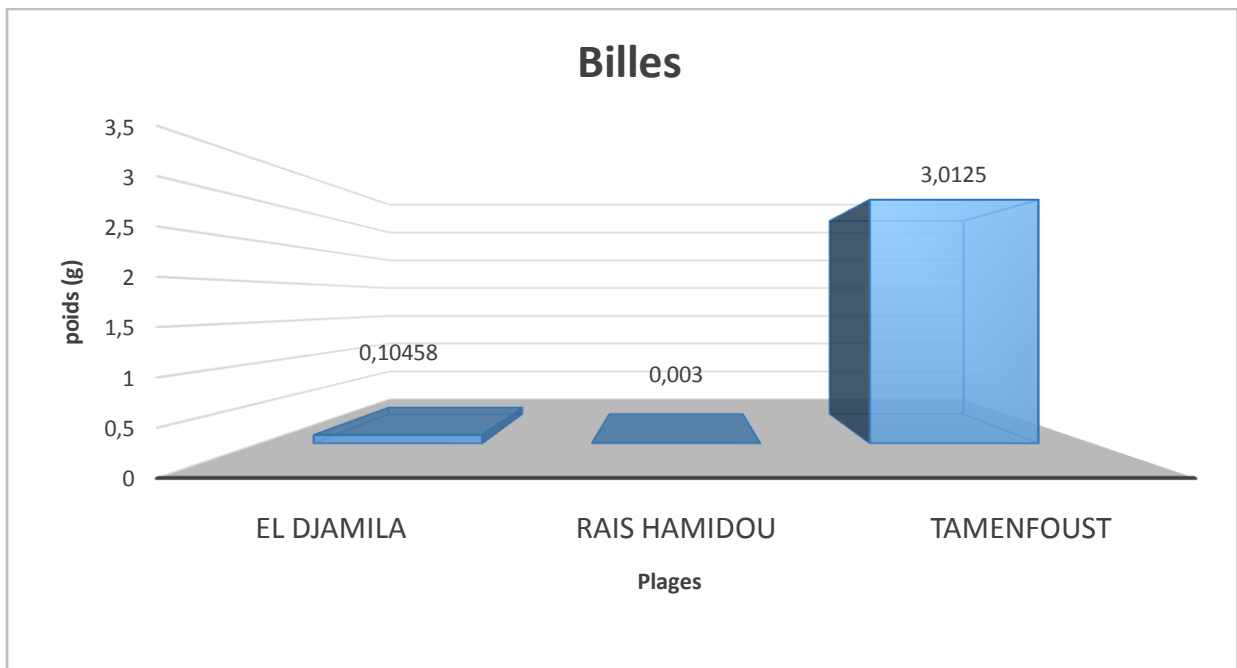
La figure 25 montre que la catégorie des filaments est plus présente dans la plage El Djamila avec 72,7 mg et moins présente dans la plage Rais-Hamidou avec 9,1 mg.



**Figure 25:** Distribution des poids des filaments au niveau des trois plages (El Djamila, Rais Hamidou et Tamentfoust).

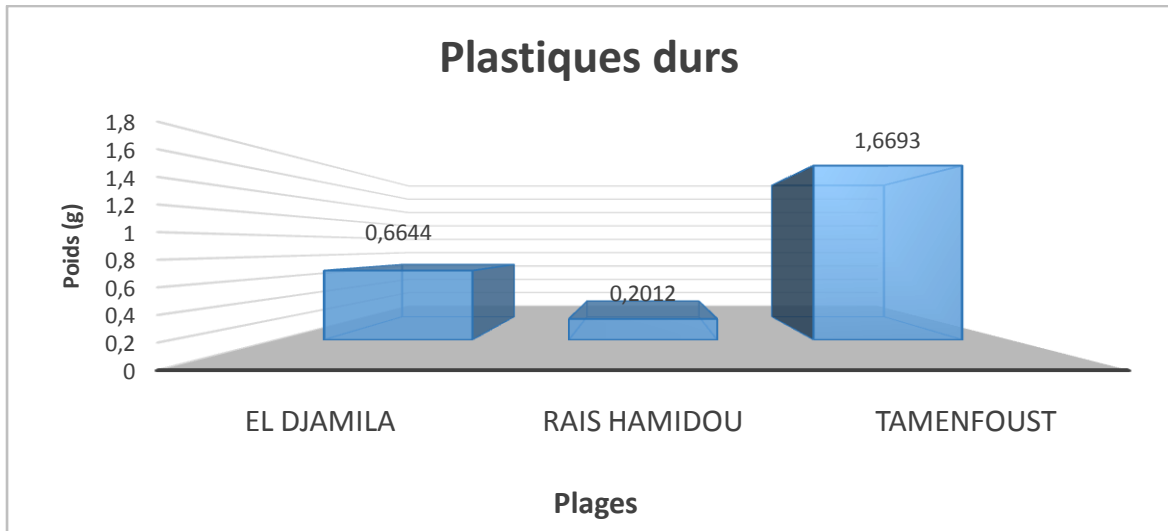
### 1.31.2 Billes

La figure 26 montre que la catégorie des billes est plus présente dans la plage Tamentfoust avec 3012,5 mg et moins présente dans la plage Rais-Hamidou avec 3 mg.



**Figure 26:** Distribution des poids des billes au niveau des trois plages (El Djamil, Rais Hamidou et Tamentfoust).

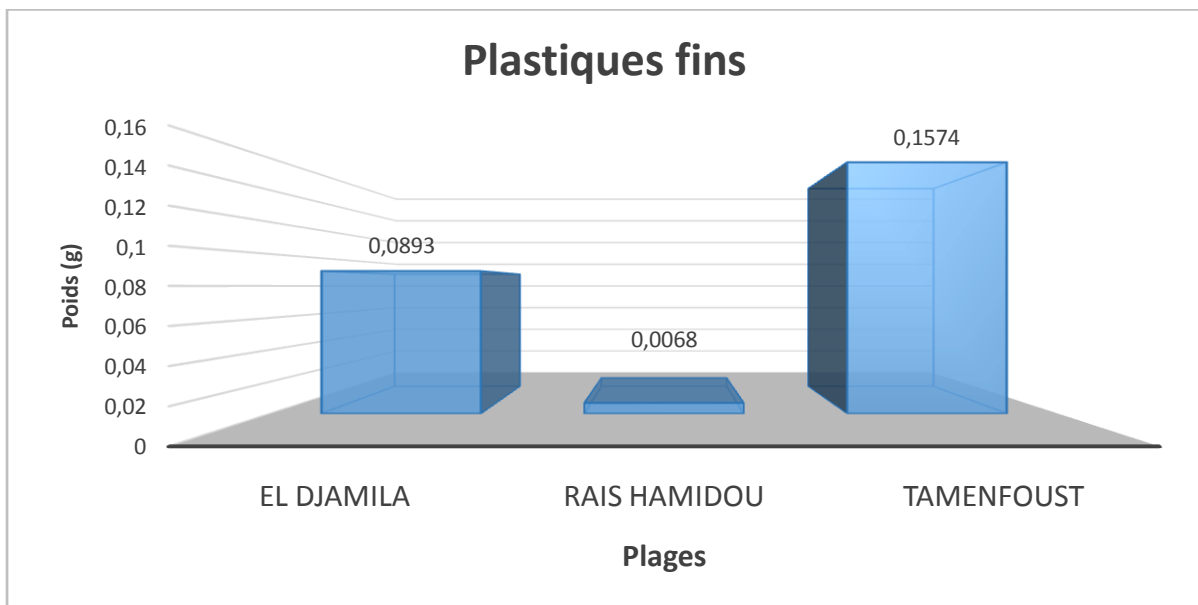
La figure 27 montre que la catégorie des plastiques durs est le plus présente dans la plage Tamentfoust avec 1669,3 mg et moins présente dans la plage Rais-Hamidou avec 201,2 mg



**Figure 27:** Distribution des poids des plastiques durs au niveau des trois plages (El Djamilia, Rais Hamidou et Tamentfoust).

### 1.31.3 Plastiques fins

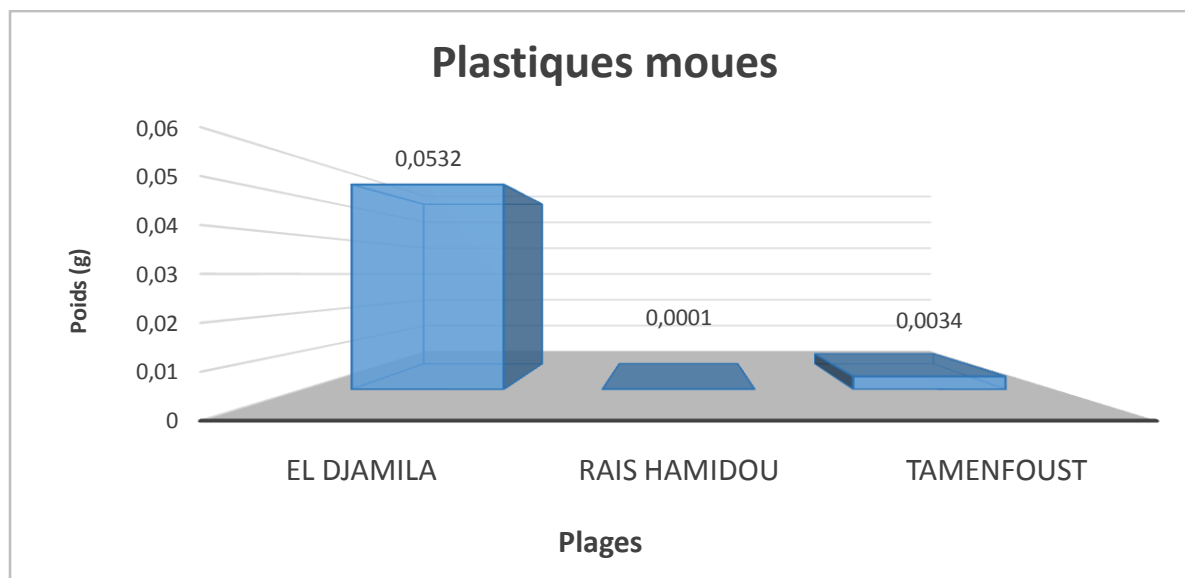
La figure 28 montre que la catégorie des plastiques fins est le plus présente dans la plage Tamentfoust avec 157,4 mg et moins présente dans la plage Rais-Hamidou avec 6,8 mg.



**Figure 28 :** Distribution des poids des plastiques fins au niveau des trois plages (El Djamilia, Rais Hamidou et Tamentfoust).

### 1.31.4 Plastiques mous

La figure 29 montre que la catégorie des filaments est plus présente dans la plage El Djamila avec 53,2 mg et moins présente dans la plage Rais-Hamidou avec 0,1 mg.



**Figure 29:** Distribution des poids des plastiques mous au niveau des trois plages (El Djamila, Rais Hamidou et Tamentfoust).

Pour comparer la distribution des catégories de plastique le tableau 6 a été effectué. Ce dernier montre que la plage de Tamentfoust présente une dominance de trois catégories sur cinq (bille, plastiques durs et plastiques fins) et la plage de Rais-Hamidou présente les plus faibles concentrations pour toutes les catégories.

**Tableau6:** Comparaison de la distribution des poids des débris plastique en fonction des catégories dans les trois plages (El Djamila, Rais Hamidou et Tamentfoust).

Catégories Plages	Filaments	Billes	Plastiques durs	Plastiques fins	Plastiques mous
El Djamila	+++	++	++	++	+++
Rais-Hamidou	+	+	+	+	+
Tamentfoust	++	+++	+++	+++	++

+++ : Fortement présent. ; ++ : Moyennement présent. ; + : Faiblement présent

- **Test ANOVA pour chaque catégorie des débris plastiques en fonction des transect**

Afin de comparer la répartition des débris plastiques entre les trois plages en fonction des catégories de microplastiques, un test de comparaison des variances ANOVA a été réalisé.

Dans le transect parallèle, les résultats montrent que statistiquement la différence est significative pour les trois catégories « filaments, billes et plastiques mous », soit  $P < 0,05$  et non significative pour les « plastiques durs et fins » ( $P > 0,05$ ). Concernant les transects perpendiculaires ( $P > 0,05$ ), pour toutes les catégories analysées, la différence n'est pas statistiquement significative. Cela est pourrait être dû aux erreurs d'échantillonnage ou bien d'analyse. Il y a lieu de signaler que ce test conforte le constat fait précédemment pour l'ensemble des sites toutes catégories confondues (test ANOVA ci-haut).

La présence de différence significative révèle une hétérogénéité des catégories des microplastiques au niveau des trois plages. Pour la catégorie « filaments », la dominance des filaments dans la plage El Djamila est peut-être expliquée par l'activité de pêche et de ramendage qui est plus importante au niveau du port d'El Djamila, sachant que l'intensité de l'activité de la pêche demande une activité de ramendage des filets plus importante et donc, plus de débris plastiques de type filament.

Pour les deux catégories Billes et Plastiques mous, l'hétérogénéité de ces deux catégories est peut être due à l'industrie qui est plus développée au niveau d'El Marsa où on trouve beaucoup d'usines de détergents, de produits cosmétiques et d'emballage qui sont une source de plastiques mous et billes. La source de cette catégorie de déchets peut être plus ancienne et provenir de l'ensemble de la zone industrielle de Rouiba-Réghaia et des décharges sauvages qui se trouvent dans les environs mais qui par le jeu du vent se retrouvent à un moment ou à un autre au niveau de la plage d'El Marsa ou des zones limitrophes.

**Tableau7:** Test ANOVA pour chaque catégorie des plastiques en fonction des transects.

Catégories \ Transects	Transect parallèle	Transect perpendiculaire
Filaments	0.0002	0.4
Billes	0.0002	0.4
Plastiques durs	0.6	0.4
Plastiques fins	0.08	0,3
Plastiques mous	0.03	0.4

# **CONCLUSION**

## Conclusion

Le présent master nous a permis d'aborder la question des macros et micro-déchets plastiques au niveau de quelques plages pilotes de la wilaya d'Alger. Les déchets plastiques au niveau des plages sont très peu étudiés en Algérie, malgré qu'ils soient une source de problèmes pour la qualité de l'environnement et pour la biodiversité marine et littorale.

Notre travail a été effectué dans le but de caractériser la distribution du plastique au niveau de la côte algéroise. A cet effet, une analyse sur cette catégorie de déchets a été conduite au niveau de la plage Kheloufi II (Zeralda) pour les macro-déchets et au niveau des plages d'El Djamila (Alger-ouest), Rais-Hamidou (Alger-centre) et Tamentfoust (Alger-Est) pour les déchets microplastiques. Cette analyse montre que la pollution par les plastiques dans le sable est présente au niveau des plages étudiées avec une différence significative entre la distribution des déchets microplastiques de types filaments, les billes, les plastiques durs, les plastiques fins et les plastiques mous. L'analyse montre également que ce sont les plastiques durs qui sont omniprésents dans les trois plages étudiées avec des valeurs considérablement élevés. Par ailleurs, il y a lieu de souligner, une présence importante du plastique sous forme de « billes » au niveau de la plage de Tamentfoust en citant que ce sont des particules toxiques. Il apparaît clairement que le plastique commence à envahir les côtes algériennes et la côte algéroise, bien que nos résultats soient relativement faibles en comparaison avec d'autres régions de la Méditerranée occidentale.

L'augmentation de la population et le développement de l'industrie dans la région algéroise ont favorisé la multiplication de l'utilisation de différents objets en plastique ou les emballages en plastique. À cet égard, il est important de souligner que cette pollution grandissante par les déchets plastiques au niveau des plages de la côte algéroise devrait inciter une prise de conscience plus importante des dangers de ce type de pollution. Il est à souligner que la réglementation algérienne ne traite pas la problématique des déchets plastiques, notamment en mer et sur les côtes de manière spécifique et qu'il serait pertinent d'adapter cette réglementation pour la prise en charge effective et efficace de la pollution marine et sur les plages par les déchets plastiques.

Cette étude avait une ambition plus importante, notamment la caractérisation des micro-déchets dans la matrice « eau de mer » et dans le sable. Cependant, de grandes difficultés ont été rencontrées pour la conduite de ce travail. Ces contraintes sont liées à la non disponibilité de moyens d'échantillonnage, le filet Manta est en effet indisponible au niveau de l'ENSSMAL. IL en est de même pour les filtres utilisés pour la filtration des micro-déchets

qui sont non disponibles sur le marché, probablement à cause de la situation liée au COVID 19. Ces contraintes nous ont empêché de réaliser l'étude dans la matrice « eau de mer ». Concernant le sable, il est suggéré de couvrir un nombre de plages plus important afin de réaliser un diagnostic plus complet de la pollution par les plastiques en Algérie. Cela n'a pas été possible durant ce mémoire de fin d'étude, car limité par les circonstances - Covid19 qui ont pesé sur les sorties terrains et donc a limité l'atteinte de l'ensemble de nos objectifs opérationnels.

A l'avenir, les prochains travaux sur les déchets plastiques en mer et sur le littoral devraient prendre en considération (1) la période d'échantillonnage et éviter la période de nettoyage des plages qui se fait généralement avant et pendant la saison estivale. (2) étudier un nombre de plages plus élevé afin d'avoir une image la plus complète possible des déchets des plages. (3) la disponibilité des moyens ou l'appui sur des projets mixtes entre l'ENSSMAL et l'Agence Nationale des Déchets ou avec le Commissariat National du Littoral. Ce type de partenariat permet de mobiliser les financements nécessaires pour l'acquisition des moyens d'échantillonnage, y compris les moyens à la mer ainsi que les capacités d'analyse des déchets plastiques et leur traitement aux laboratoires.

Il est évident que la lutte face à la pollution marine exige des mesures radicales à l'échelle des nations, mais aussi au niveau national. L'Algérie, comme l'atteste la présente étude, est fortement concernée et impactée par la pollution marine par les débris plastiques. Elle doit par conséquent contribuer aux efforts de lutte à travers des actions et des programmes ciblés et ce par le biais de l'élaboration d'une stratégie nationale de lutte contre la pollution par les déchets plastique en mer et sur la plage, tout en impliquant les différents acteurs et institutions concernés par cette problématique. De plus, il importe de mettre en place des lois strictes et des mesures de contrôle régulier accompagnées par des activités de collecte et de recyclage intensifiées intégrant les communes et leurs systèmes de gestion des déchets. La sphère des scientifiques a également un rôle primordial à jouer dans la lutte contre la prolifération de la pollution par le plastique et les microplastiques. Ceci nécessite des sujets de recherches scientifiques plus poussés et plus orientés vers la présence du plastique dans l'environnement marin ainsi que vers les potentiels impacts sur nos ressources marines, sur la santé de l'algérien et sur l'économie Algérienne. Bien que la problématique des plastiques soit un enjeu émergent et très peu discuté en Algérie, il devient urgent de le prendre au sérieux en tant que préoccupation majeure et de lui consacrer les moyens nécessaires afin de l'explorer plus en profondeur, de limiter sa prolifération et de mieux gérer ses impacts. Nous suggérons qu'un projet de recherche structurant soit développé au niveau de l'ENSSMAL en collaboration avec l'AND, le CNL, les associations et des wilayas et communes littorales pilotes.

## REFERENCES

- **Adger, W.N., Hughes, T.P., Folke, C., Carpenter, S.R., Rockström, J., (2005).** Social Ecological Resilience to Coastal Disasters. *Science* 309, P.P.1036–1039.
- **Andrady A.L., (1990).** Environmental degradation of plastics under land and marine exposure conditions. *Chemistry and Life Sciences*, 154, P.P.848-869.
- **Andrady A.L., (2011).**Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*. 62, P.P.1596- 1605.
- **Andrady A.L., Neal M.A., (2009).** Applications and societal benefits of plastics. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 364, P.P.1977–1984.
- **Arthur C., Baker J. E., & Bamford H. A. (2009).** Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, September 9-11, 2008, University of Washington Tacoma, Tacoma, WA, USA.
- **Auta H.S, Emenike C.U and Fauziah, S.H , (2017),** Distribution et importance des microplastiques dans le milieu marin: examen des sources, du devenir, des effets et des solutions possibles.
- **Barnes D.K.A., Galgani F., Thompson R.C., Barlaz M. (2009).** Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments
- **Bowmer, T., & Kershaw, P. (Eds.). (2010).** Proceedings of the GESAMP International Workshop on Microplastic Particles as a Vector in Transporting Persistent, Bio-accumulating and Toxic Substances in the Ocean, 28-30th June 2010, UNESCO-IOC, Paris. GESAMP.
- **Bruzaud S., (2015).** Cadre Stratégie Marine et du Grenelle de la Mer. Rapport final. 64p.
- **Charlton T. L., Charles S., (1879).** A Latin Dictionary, by Charlton T. Lewis and Charles Short. Oxford/Clarendon Press.
- **Claessens M; Meester S; Landyut L.V; Clerck K; Janssen R.J. (2011).** *Coast. Marine Pollution Bulletin*, 62, P.P.2199-2204.
- **Cole M., Lindeque P., Halsband C., Galloway T.S. (2011).** Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 62, P.P.2588–2597.
- **Collignon A., Hecq J. H., Glagani F., Voisin P., Collard F., & Goffart A. (2012).** Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea. *Marine pollution bulletin*, 64(4), P.P.861-864.
- **Colton J.B; KANAPP F.D. et BURNS B.R; (1974).** Plastic particles in surface waters of the Northwestern Atlantic. *Science*, 185, P.P.491-497.
- **Corcoran, P. L., Biesinger, M. C., & Grifi, M. (2009).** Plastics and beaches: a degrading relationship. *Marine pollution bulletin*, 58(1), P.P.80-84.
- **Cózar A., Echevarría F., González-Gordillo J. I., Irigoien X., Úbeda B., Hernández-León S., ... & Duarte C. M. (2014).** Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(28), P.P.10239-10244.
- **Cózar A., Sanz-Martín M et al, (2015).** Plastic accumulation in the Mediterranean Sea. *PloS one*, 10(4), e0121762.
- **Crain C. M., Halpern B. S., Beck, M. W., & Kappel, C. V. (2009).** Understanding and managing human threats to the coastal marine environment. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1162(1), P.P.39-62.

- **Critchell, K., & Lambrechts, J. (2016).** Modelling accumulation of marine plastics in the coastal zone; what are the dominant physical processes?. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 171, P.P.111-122.
- **Davis A., et Sims D., (1983).** Weathering of polymers. Applied Science Publishers.
- **Defeo, O., McLachlan, A., Schoeman, D. S., Schlacher, T. A., Dugan, J., Jones, A., ...& Scapini, F. (2009).** Threats to sandy beach ecosystems: a review. *Estuarine, coastal and shelf science*, 81(1), P.P.1-12.
- **Derraik, J.G.B., (2002).** The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 44, P.P.842–852.
- **Do Sul, J. A. I., & Costa, M. F., (2014).** The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental pollution*, 185, P.P.352-364.
- **Doyle, M. J., Watson, W., Bowlin, N. M., & Sheavly, S. B. (2011).** Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific ocean. *Marine environmental research*, 71(1), P.P.41-52.
- **Doyle, M.J., Watson, W., Bowlin, N.M., Sheavly, S.B., (2011).** Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific ocean. *Mar. Environ. Res.* 71, P.P.41–52.
- **Enders, K., Lenz, R., Stedmon, C. A., & Nielsen, T. G. (2015).** Abundance, size and polymer composition of marine microplastics  $\geq 10 \mu\text{m}$  in the Atlantic Ocean and their modelled vertical distribution. *Marine pollution bulletin*, 100(1), P.P.70-81.
- **Eriksen, M., Lebreton, L. C., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., ...& Reisser, J. (2014).** Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PloS one*, 9(12), e111913.
- **Expéditions MED, 2016.** Opération déchets cotiers.
- **Fendall, L. S., & Sewell, M. A. (2009).** Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Marine pollution bulletin*, 58(8), P.P.1225-1228.
- **Faure, F.; De Alencastro, L.F. (2014):** Evaluation de la pollution par les plastiques dans les eaux de surface en Suisse. École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), Laboratoire central environnemental GR-CEL, Lausanne
- **Fossi, M. C., C. Panti, C. Guerranti, D. Coppola, M. Giannetti, L. Marsili, and R. Minutoli, (2012):** Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A case study of the Mediterranean fin whale (*Balaenoptera physalus*). *Marine Pollution Bulletin*, 64, P.P.2374–2379.
- **Fossi, M.C., D. Coppola, M. Baini, M. Giannetti, C. Guerranti, L. Marsili, C. Panti, E. de Sabata , S. Clò, (2014):** fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, p16.
- **Gaetano L., (2014).** Évaluation des déchets marins en méditerranées. p : 45.
- **Galgani F., (2010).** Marine Strategy Framework Directive Task Team 10 Report Marine Litter.
- **Galgani F., Barnes DK, Thompson R.C., et Barlaz M., (2000).** Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B : Biological Sciences*, 364(1526).
- **Galgani, F., Jaunet, S., Campillo, A., Guenegon, X., & His, E. (1995).** Distribution and abundance of debris on the continental shelf of the north-western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 30(11), P.P.713-717.

- **Galgani, F., A. Souplet, and Y. Cadiou, (1996):** Accumulation of debris on the deep sea floor off the French mediterranean coast. *Marine Ecology Progress Series*, 142, P.P.225–234.
- **Galgani F., G Hanke, et al, (2013) ,** Monitoring Guidance for Marine Litter in European Seas. MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter (TSG-ML), 120 pages.
- **GESAMP, (2015).** Microplastics in the ocean. Edition original : Lec down, édition française : Science et technologie, 2016. P : 238.
- **Goldstein, M. C., & Goodwin, D. S. (2013).** Gooseneck barnacles (*Lepas* spp.) ingest microplastic debris in the North Pacific Subtropical Gyre. *PeerJ*, 1, e184.
- **Goldstein, M.C., Rosenberg, M., Cheng, L., (2012).** Increased oceanic microplastic debris enhances oviposition in an endemic pelagic insect. *Biol. Lett.* 8, P.P.817–820.
- **Hénaff, A., & Philippe, M. (2014).** Gestion des risques d'érosion et de submersion marine.
- **HENRY M ; (2010).**Pollution du milieu marin par les déchets solides : Etat des connaissances Perspectives d'implication de l'Ifremer en réponse au défi de la Directive Cadre Stratégie Marine et du Grenelle de la Mer. Rapport final. 64p.
- **Hidalgo-Ruz V., Gutow L., Thompson R.C., Thiel M. (2012).**Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science &Technology.* 46, P.P.3060-3075.
- **Hidalgo-RuzV;GUTOW L; THOMPSON C. et THIEIL M; (2012).** identification and quantification. *Environnemental Science and Techenologie*, 46, 3060.
- **Islam, M. S., & Tanaka, M. (2004).** Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. *Marine pollution bulletin*, 48(7-8), P.P.624-649.
- **Jambeck, J.R., Geyer, R et al, (2015).** Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347, P.P.768–771.
- **Julie C. Anderson, Bradley J. Park , Vince P. Palace. Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems (2016),***EnviroPollu*, 218: P.P.269-280.
- **Koumba, G. B. (2018).** Fragmentations chimique et physique de plastiques et microplastiques en eau douce sous irradiation UV-visible (Doctoral dissertation, Université Clermont Auvergne).
- **Law K.L., Moret-Ferguson S et al., (2010).** Plastic Accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre. *Science.* 329, P.P.1185-1188.
- **Law, K.L., Morét-Ferguson, S., Maximenko, N.A., Proskurowski, G., Peacock, E.E., Hafner, J., Reddy, C.M., (2010).** Plastic Accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre. le littoral. *Rapport final.* Secrétariat Général de la Mer. 46p
- **Leslie H.A., (2014).**Marine pollution by microplastic. *Science and Technology.* 13-14.
- marine catches I. Database development. *FisheriesResearch*, 79, 97-102. marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18, P.P.305- 310.
- **Marek, C., Parisot, F., Guyomard, M., Marcoux, M. A., Rondel, M., &Tramoy, R. (2020).***Lutte contre la pollution plastique en milieu marin Etat des lieux, réglementation, recensement et analyse des initiatives* (Doctoral dissertation, ADEME; ECOGEOS; LEESU).
- **Metzger, P., D'Ercole, R., (2011).** Les risques en milieu urbain : éléments de réflexion. *EchoGéo.* doi:10.4000/echogeo.12640 microplastic and zooplankton in the

North Western Mediterranean Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 64, P.P.861– 864.  
Microplastique in the marine environnement

- **Marek C., Parisot F., Guyomard M., Marcoux M., Rondel M. ; Leesu, Tramoy R. (2020).** Lutte contre la pollution par les déchets plastiques en milieu marin, p 10.
- **Miller Jr, R. G. (1997).** *Beyond ANOVA: basics of applied statistics.* CRC press.
- **Miyaki H.; Shibata H. et Furushima Y; (2010).** Deep-Sea Litter study using Deep – Sea observation Tools. *Marine Pollution Bulletin*, P.P.261-269.
- **Moore C.J., (1997).** Algalita Marine Research Foundation. *Marine Pollution Bulletin*.
- **Moore, C. J., Moore, S. L., Leecaster, M. K., & Weisberg, S. B. (2001).** A comparison of plastic and plankton in the North Pacific central gyre. *Marine pollution bulletin*, 42(12), P.P.1297-1300.
- **Moret-Ferguson S., Law K.L., Proskurowski, G., Murphy E.K., Peacock E.E., Reddy C.M., (2010).** The size, mass, and composition of plastic debris in the western North Atlantic Ocean. *Mar. Pollut. Bull.* 60, P.P.1873–1878
- **Munari C., Scoponi M., Mistri M., (2017).** Plastic debris in the Mediterranean Sea: Types, occurrence and distribution along Adriatic shorelines, *Waste Management*, Volume 67, September 2017, Pages P.P.385-391.
- **Muller R.J, Kleeberg I, et Deckwer W.D., (2001).** Biodegradation of polyesters containing aromatic constituents. *Biotechnology*, Vol. 86. Northwestern Hawaiian Islands: Ghost Net Identification.
- **Napper, I.E., Bakir, A., Rowland, S.J., Thompson, R.C., (2015).** Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. *Mar. Pollut. Bull.* 99, P.P.178–185.
- **Pedrotti, M. L., Petit, S., Elineau, A., Bruzard, S., Crebassa, J. C., Dumontet, B., ... & Cózar, A. (2016).** Changes in the floating plastic pollution of the Mediterranean Sea in relation to the distance to land. *PloS one*, 11(8), e0161581.
- **Plastics Europe, (2010).** *Plastics: the facts 2010*
- **Plastics Europe. (2016).** *Plastics—The Facts 2016.* An analysis of European latest plastics production, demand and waste data.
- **Plastics Europe, (2017).** *Plastics – the Facts 2017: An analysis of European plastics production*,
- **Prevenios, M., C. Zeri, C. Tsangaris, S. Liubartseva, E. Fakiris, and G. Papatheodorou, (2018):** Beach litter dynamics on Mediterranean coasts: Distinguishing sources and pathways. *Marine Pollution Bulletin*, 129, P.P.448–457.
- **PRUTER A.T; (1987)-**Sources, quantities and distribution of persistent plastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18, P.P.305- 310.
- **Pruter, A. T. (1987).** Sources, quantities and distribution of persistent plastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18(6), P.P.305-310.
- **Ryan, P. G., Moore, C. J., Van Franeker, J. A., & Moloney, C. L. (2009).** Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), P.P.1999-2012.
- **Sala, O.E., Chapin, F.S et al, (2000).** Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* 287, P.P.1770–1774.
- **Schmidt, C., Krauth, T., Wagner, S., (2017).** Export of plastic debris by rivers into the sea. *Environ. Sci. Technol.* 51, P.P.12246– 12253
- **Shah AA., Hasan F., Hameed A. et Ahmed S., (2008).** Biological degradation of plastics: a comprehensive review. *Biotechnology advances*, 26(3) : 246-265.
- **Small, C., Nicholls, R.J., (2003).** A Global Analysis of Human Settlement in Coastal Zones. *J. Coast. Res.* 19, P.P.584–599.

- **Suaria, G., Avio, C. G., Mineo, A., Lattin, G. L., Magaldi, M. G., Belmonte, G., ..&Aliani, S. (2016).**The Mediterranean Plastic Soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters. *Scientific reports*, 6(1), P.P.1-10.
- **Surfrider, (2019).** Kit pédagogique, l'océan et la menace plastique.
- **Tara Méditerranée, (2014).** Les enjeux environnementaux en Méditerranée. Publié le 23 mai 2014
- **Tara Ocean, (2014).** Tara et le plastique : ressources d'actualités, P.6.
- **Thompson, R. C., Moore, C. J., VomSaal, F. S., & Swan, S. H. (2009).** Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 364(1526), P.P.2153-2166.
- **Thompson, R.C., Olsen, Y., et al, (2004).**Lost at sea: Where is all the plastic? *Science* 304, P.P.838–838.
- **TimmersM.A; KITCHERS C.A; et Donohue M.J ; (2005).**Marine Debris of the *Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364, P.P.2153-2166
- **Tubau, X., M. Canals, G. Lastras, X. Rayo, J. Rivera, and D. Amblas, (2015).** Marine litter on the floor of deep submarine canyons of the Northwestern Mediterranean Sea: The role of hydrodynamic processes. *Progress in Oceanography*, 134, P.P.379–403.
- **UNEP,(2011)-Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment.**
- **Van Cauwenberghe L., Vanreusel A., Mees, J., Janssen C.R., (2013).**Microplastic pollution in deepsea sediments. *Environ. Pollut.* 182, P.P.495–499.
- **Van Sebille, E., Wilcox, C et al. (2015).** A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters*, 10(12), 124006.
- **Veerasingam, S., Mahua Saha et al, (2016).** Characteristics, seasonal distribution and surface degradation features of microplastic pellets along the Goa coast, India (2016), 159,P.P.496-505.
- **Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B et al, (2010).** Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467, P.P.555–561.
- **Wang, C., Wang, H., Fu, J., Gu, G., (2014).** Effects of additives on PVC plastics surface and the natural flotability. *Colloids Surf. Physicochem. Eng. Asp.* 441, P.P.544–548.
- **Watson R;Renvenga C; Kura Y; (2006).**Fishing gear associated with global marine catches I. Database development. *Fisheries Research*, 79, P.P.97-102.
- **Watson R;Renvenga C; Kura Y; (2006).** Fishing gear associated with globalweighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *Plos One*. 9, 15.

## Webographie

<https://www.mundusmaris.org/>  
<http://www.atlas.d-waste.com>  
<https://commissariatlittoral.dz>  
<https://www.mtaterre.fr>  
<https://litterbase.awi.de/litter>  
<http://www.atlas.d-waste.com>  
<https://www.cma-cgm.fr/local/algerie>  
<https://www.marinetraffic.com/>

## ANNEXES

### Annexe 1 : les données d'échantillonnage des macro-déchets

catégories	Khaloufi 2	Pourcentage %
matière plastique	633	89.78723404
Caoutchou	0	0
Tissu	5	0.709219858
Papier	11	1.560283688
Bois	0	0
METAL	45	6.382978723
verre	4	0.567375887
Non identifié	7	0.992907801
<b>TOTAL ARTICLES</b>	<b>705</b>	<b>100</b>
Superficie	10000	

### Annexe 2 : Les données d'échantillonnage des microplastiques

- Plage El djamila

Transect parallèle	Filaments	Billes	durs	fins	moues
Q1	0.0041	0.0186	0	0.0083	0
Q2	0.0025	0.0158	0.0058	0	0
Q3	0.0057	0.0098	0.0045	0	0.0042
Q4	0.0085	0.00248	0.0001	0	0.0044
Q5	0.0138	0.0166	0.014	0.0215	0.0074
Q6	0.0032	0.0202	0.0012	0	0.0012
Q7	0.0057	0	0.0288	0.0442	0.0273
Q8	0.0069	0.0006	0.008	0.0038	0
Q9	0.0037	0	0.0116	0	0
Q10	0.0184	0.0135	0.453	0.0113	0.0087
Transect perpendiculaire	Filaments	Billes	durs	fins	moues
Q1	0	0	0	0.0002	0
Q2	0	0.0069	0	0	0
Q3	0.0002	0.0001	0.1374	0	0

- **Plage Raïs-Hamidou**

Transect parallèle	Filaments	Billes	durs	fins	moues
Q1	0	0.003	0	0.0027	0.0001
Q2	0	0	0	0.004	0
Q3	0	0	0	0.0001	0
Q4	0	0	0	0	0
Q5	0	0	0.201	0	0
Q6	0	0	0	0	0
Q7	0.0005	0	0.0002	0	0
Q8	0	0	0	0	0
Q9	0.0028	0	0	0	0
Q10	0.0003	0	0	0	0

Transect perpendiculaire	Filaments	Billes	durs	fins	moues
Q1	0.0002	0	0	0	0
Q2	0.0053	0	0	0	0
Q3	0	0	0	0	0

- **Plage Tamentfoust**

Transect parallèle	Filaments	Billes	durs	fins	moues
Q1	0.0036	0.0008	0.0086	0.0023	0
Q2	0.0001	0	0	0.0101	0
Q3	0	0	0	0.003	0
Q4	0.0077	0	0	0	0
Q5	0	0	0	0	0
Q6	0.004	0	0.0182	0	0
Q7	0.001	0.0031	0.051	0	0
Q8	0.001	0.0031	0.051	0	0
Q9	0	0.0036	0.0097	0	0.0025
Q10	0	0	0	0	0

Transect perpendiculaire	Filaments	Billes	durs	fins	moues
Q1	0.0022	0.0009	0.0206	0.1296	0.0009
Q2	0.0102	3.001	1.5102	0.0124	0
Q3	0	0	0	0	0

## **Résumé**

Les plastiques sont omniprésents dans l'environnement marin, notamment dans les gyres océaniques. Cette étude bibliographique réalise un bilan des connaissances actuelles sur la caractérisation des macro-plastiques et microplastiques sur des sites pilotes le long de la côte algéroise (la plage Kheloufi II pour les macro-plastiques et les trois plages El Djamila, Rais Hamidou et Tamentfoust pour les microplastiques). Pour les macro-plastique L'analyse a montré que les catégories les plus répandues de déchets marins sont les emballages (sacs en plastique, récipients pour aliments et pour boissons) et les articles jetables, à usage unique (par ex. pailles, bouteilles, cotons tiges). Et pour les microplastiques la pollution dans le sable est présente au niveau des plages étudiées avec une différence significative entre la distribution des déchets microplastiques de types filaments, les billes, les plastiques durs, les plastiques fins et les plastiques mous avec la dominance des plastiques durs. Il faut souligner aussi toute les difficultés rencontrées dans la réalisation de ce travail sur le terrain en raison du manque de moyens.

## **Abstract**

Plastics are ubiquitous in the marine environment, particularly in oceanic gyres. This bibliographic study carries out a review of current knowledge on the characterization of macro-plastics and microplastics on pilot sites along the Algerian coast (the beach Kheloufi II for macro-plastics and the three beaches El Djamila, Rais Hamidou and Tamentfoust for microplastics). For macro-plastics, the analysis showed that the most widespread categories of marine waste are packaging (plastic bags, food and beverage containers) and disposable; single-use items (e.g. straws, bottles, cotton buds). As for microplastics, pollution in the sand is present at the beaches studied with a significant difference between the distribution of microplastic waste of filament type, beads, hard plastics, fine plastics and soft plastics with the dominance of hard plastics. It is also necessary to underline all the difficulties met in the realization of this work on the ground because of the lack of means of taking samples.